

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

PEDRO AUGUSTO BREDAS FONTÃO

**RITMO DAS CHUVAS NA BACIA DO PARDO (SP/MG): REFLEXOS NA VAZÃO
DOS RIOS PARDO E MOGI-GUAÇU**

Rio Claro - SP
2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

PEDRO AUGUSTO BREDAS FONTÃO

**RITMO DAS CHUVAS NA BACIA DO PARDO (SP/MG): REFLEXOS NA VAZÃO
DOS RIOS PARDO E MOGI-GUAÇU**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. João Afonso Zavattini

Rio Claro - SP
2014

551.6 Fontão, Pedro Augusto Breda
F681r Ritmo das chuvas na Bacia do Pardo (SP/MG): reflexos na
vazão dos rios Pardo e Mogi-Guaçu / Pedro Augusto Breda
Fontão. - Rio Claro, 2014
127 f. : il., figs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: João Afonso Zavattini

1. Climatologia. 2. Pluviosidade. 3. Bacia hidrográfica. 4.
Rio Pardo. 5. Dinâmica atmosférica. 6. Climatologia
geográfica. I. Título.

PEDRO AUGUSTO BREDAS FONTÃO

**RITMO DAS CHUVAS NA BACIA DO PARDO (SP/MG): REFLEXOS NA VAZÃO
DOS RIOS PARDO E MOGI-GUAÇU**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. João Afonso Zavattini (Orientador)

(Programa de Pós-Graduação em Geografia do IGCE da UNESP, Rio Claro/SP)

Prof. Dr. Anderson Luís Hebling Christofolletti (Membro)

(Programa de Pós-Graduação em Geografia do IGCE da UNESP, Rio Claro/SP)

Prof. Dr. Lucas Barbosa e Souza (Membro)

(Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional/TO)

Resultado: **Aprovado**

Rio Claro - SP, 04 de Novembro de 2014.

Aos meus pais e familiares, por todo o apoio concedido.

À Heber Pereira Fontão (*in memoriam*).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Antônio Fernando Nogueira Fontão e Maria Luiza Breda Fontão, pelo carinho e afeto dedicado ao longo de toda minha vida.

Ao professor Dr. João Afonso Zavattini, pela valiosa orientação e confiança desde os tempos de iniciação científica no curso de graduação.

Ao professor Anderson Luis Hebling Christofolletti e à professora Sandra Elisa Contri Pitton pela participação na banca de qualificação, contribuindo para o amadurecimento desta dissertação.

Aos professores Anderson Luis Hebling Christofolletti e Lucas Barbosa e Souza pela participação na banca de defesa do Mestrado, contribuindo com importantes sugestões.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento através da bolsa de mestrado, recurso que muito contribuiu para a realização desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP de Rio Claro, pela oportunidade concedida de realizar minha Pós-Graduação, nível de mestrado, nesta instituição de prestígio.

À Agência Nacional de Águas (ANA), Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo (DAEE) e Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) pelos dados meteorológicos e fluviométricos concedidos.

Aos meus amigos, familiares e a todos aqueles que de alguma maneira contribuíram durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Muito Obrigado!

RITMO DAS CHUVAS NA BACIA DO PARDO (SP/MG): REFLEXOS NA VAZÃO DOS RIOS PARDO E MOGI-GUAÇU

RESUMO

Trata-se de um estudo que buscou na dinâmica atmosférica, e dos tipos de tempo a ela associados, a compreensão regional da distribuição temporal e espacial das chuvas e sua repercussão na vazão hídrica, a partir de sua gênese, na bacia hidrográfica do Pardo, inserida na porção nordeste do Estado de São Paulo e sul/sudoeste de Minas Gerais. Nesta área, foram coletados, analisados e selecionados dados pluviométricos, que permitiram eleger uma série histórica homogênea (1967-1994) que melhor contemplou a distribuição espacial nos compartimentos da bacia. Após este procedimento, foram aplicadas técnicas estatísticas tradicionais, que permitiram descrever o comportamento cronológico e espacial das chuvas, e eleger “anos-padrão” representativos de situações extremas (ano chuvoso e seco) e o habituais na região, tendo escolhido os anos de 1983, 1984 e 1989, respectivamente. Tais anos foram detalhados a nível diário através da análise rítmica, procedimento que permitiu visualizar os sistemas atmosféricos que atuaram na região. Partiu-se dos principais episódios de cheias (“picos”) e estiagens para analisar as sequências rítmicas que precederam tais fenômenos na bacia, buscando evidenciar sua gênese e os reflexos gerados na vazão hídrica dos pontos de análise selecionados. Os resultados foram descritos e sintetizados através de mapas, cartogramas, gráficos e tabelas que auxiliaram muito nas análises, interpretações e considerações sobre o assunto abordado.

Palavras-chave: pluviosidade. bacia hidrográfica. rio Pardo. dinâmica atmosférica. Climatologia.

THE RAINFALL RHYTHM IN WATERSHED OF PARDO (SP/MG): EFFECTS ON THE FLOW OF PARDO AND MOGI-GUAÇU RIVERS

ABSTRACT

This is a research that searched in atmospheric dynamics, and weather types associated with it, the regional understanding of the temporal and spatial distribution of rainfall and its impact on water flow, from its genesis in the basin of Pardo, inserted in the northeastern part of the state of São Paulo and southern / southwest Minas Gerais. In this area, were collected, analyzed and selected rainfall data, allowing elect a homogeneous time series of data (1967-1994) that included the best spatial distribution in the compartments of the basin. After this procedure, traditional statistical techniques that allow to describe the chronological and spatial behavior of the rains, and elect "standard years" representative of extreme conditions (wet and dry years) and the standard were applied in the region, having chosen the years 1983 (wet), 1984 (dry) and 1989 (standard). These years were detailed daily level through the rhythmic analysis, a procedure that allowed visualization of the weather systems that were active in the region. The starting point was major flood episodes ("spikes") and droughts to analyze the rhythmic sequences preceding such phenomena in the basin in order to understand its genesis and reflections generated in the fluid flow analysis of selected points. The results were described and synthesized through maps, cartograms, graphs and charts that helped a lot in the analyzes, interpretations and judgments about the subject matter.

Keywords: rainfall. watershed. Pardo river. atmospheric dynamics. Climatology.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1	A bacia hidrográfica do Pardo.....	19
Fig. 2	Distribuição das UHE, PCH e CGH em operação e/ou inventariadas na bacia do Pardo.	21
Fig. 3	Bacia do Pardo (em destaque): Altimetria.....	23
Fig. 4	Esquema representativo da divisão geomorfológica do estado de São Paulo proposta pelo IBGE <i>apud</i> Martinelli (2009), com a bacia do Pardo em destaque.....	24
Fig. 5	Bacia do Pardo: hidrografia em escala de detalhe.....	25
Fig. 6	Esquema representativo das feições climáticas individualizadas no território paulista dentro das Células Climáticas Regionais e das articulações destas nas Faixas Zonais, com a área da bacia do Pardo e seu entorno em destaque.....	26
Fig. 7	Compartimentos da bacia do Pardo.....	28
Fig. 8	1.010 Postos pluviométricos existentes (mapa da esquerda) e 803 postos com dados coletados (mapa da direita) na área de estudo.....	32
Fig. 9	Distribuição das 739 localidades disponíveis para a escolha do período de estudo.....	34
Fig. 10	Distribuição dos 93 Postos selecionados e respectiva numeração adotada.....	36
Fig. 11	Trecho da planilha contendo as chuvas anuais dos 93 postos e cálculos estatísticos.....	40
Fig. 12	Distribuição dos postos de coleta de dados meteorológicos e fluviométricos existentes na área.....	46
Fig. 13	Distribuição dos postos de coleta dos dados meteorológicos e fluviométricos selecionados para o estudo.	48
Fig. 14	Distribuição da chuva anual média na bacia do Pardo (1967 – 1994).....	54
Fig. 15	Distribuição das chuvas anuais na bacia do Pardo (1967 – 1994).....	55
Fig. 16	Distribuição do desvio padrão (mm) na bacia do Pardo (1967 – 1994).....	59
Fig. 17	Distribuição do coeficiente de variação (%) na bacia do Pardo (1967 – 1994).....	60
Fig. 18	Reta de tendência, limites de confiança e de predição para a Média Geral das chuvas....	61
Fig. 19	Postos selecionados para a aplicação do método dos mínimos quadrados, limites de confiança e predição, e respectiva tendência.....	63
Fig. 20	Retas de tendência, limites de confiança e de predição para os 18 postos selecionados.	64
Fig. 21	Distribuição média das classes sugeridas pela fórmula de Sturges na bacia do Pardo (1967 – 1994).....	69
Fig. 22	Distribuição das classes sugeridas pela fórmula de Sturges na bacia do Pardo, para cada ano da série (1967 – 1994).....	70
Fig. 23	Distribuição das chuvas sazonais na bacia do Pardo, no ano de 1983.....	75
Fig. 24	Distribuição das chuvas mensais na bacia do Pardo, no ano de 1983.....	76

Fig. 25	Distribuição das chuvas sazonais na bacia do Pardo, no ano de 1984.....	78
Fig. 26	Distribuição das chuvas mensais na bacia do Pardo, no ano de 1984.....	79
Fig. 27	Distribuição das chuvas sazonais na bacia do Pardo, no ano de 1989.....	80
Fig. 28	Distribuição das chuvas mensais na bacia do Pardo, no ano de 1989.....	81
Fig. 29	Participação dos sistemas atmosféricos e gênese das chuvas no ano de 1983.....	86
Fig. 30	Participação dos sistemas atmosféricos e gênese das chuvas no ano de 1984.....	93
Fig. 31	Participação dos sistemas atmosféricos e gênese das chuvas no ano de 1989.....	100

LISTA DE TABELAS

Tab. 1	Inventário das Usinas Hidrelétrica inseridas na bacia do Pardo.....	21
Tab. 2	93 Postos pluviométricos selecionados e utilizados no estudo das chuvas (e respectiva numeração, nome, latitude, longitude e altitude).....	37
Tab. 3	Postos de coleta dos dados meteorológicos e fluviométricos na bacia e entorno (e respectiva numeração, nome, latitude, longitude, altitude e descrição).....	46
Tab. 4	Frequência absoluta das chuvas anuais para cada uma das classes sugeridas pela fórmula de Sturges.....	69
Tab. 5	Síntese do comportamento anual da chuva nos 28 anos da série histórica.....	72
Tab. 6	Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1983 para Caconde.....	84
Tab. 7	Gênese Pluvial em 1983 para Caconde.....	84
Tab. 8	Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1983 para Mogi.....	84
Tab. 9	Gênese Pluvial 1983 para Mogi.....	84
Tab. 10	Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1983 para Pradópolis.....	85
Tab. 11	Gênese Pluvial 1983 para Pradópolis.....	85
Tab. 12	Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1984 para Caconde.....	91
Tab. 13	Gênese Pluvial em 1984 para Caconde.....	91
Tab. 14	Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1984 para Mogi.....	92
Tab. 15	Gênese Pluvial 1984 para Mogi.....	92
Tab. 16	Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1984 para Pradópolis.....	92
Tab. 17	Gênese Pluvial 1984 para Pradópolis.....	92
Tab. 18	Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1989 para Caconde.....	98
Tab. 19	Gênese Pluvial 1989 para Caconde.....	98
Tab. 20	Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1989 para Mogi.....	98
Tab. 21	Gênese Pluvial 1989 para Mogi.....	98
Tab. 22	Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1989 para Pradópolis.....	99
Tab. 23	Gênese Pluvial 1989 para Pradópolis.....	99

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Dos conceitos em Climatologia Geográfica.....	14
2.2. Específica ao tema de pesquisa	16
3. A BACIA DO PARDO	19
3.1. Localização e limites da área de estudo.....	19
3.2. Caracterização do universo de estudo	20
3.3. Aspectos físicos da bacia	22
4. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	27
4.1. Materiais utilizados	27
4.2. Compartimentos da bacia utilizados	27
4.3. Procedimentos metodológicos aplicados	29
4.3.1. Processo de coleta dos dados pluviométricos.....	29
4.3.2. Processo de manipulação e análise dos dados pluviométricos	30
4.3.3. Espacialização dos dados	32
4.3.4. Escolha do período de estudo.....	33
4.3.5. Correção e preenchimento das falhas	38
4.3.6. Tratamento Estático dos dados	39
4.3.7. Interpolação dos dados.....	44
4.3.8. Processo de coleta dos dados meteorológicos e hidrológicos	44
4.3.9. Tratamento Dinâmico dos dados	49
4.3.10. Análise da gênese das chuvas, cheias e estiagens.....	51
5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	53
5.1. As chuvas anuais na bacia do Pardo	53
5.1.1. Distribuição temporal e espacial.....	53
5.1.2. Variabilidade e Dispersão	58
5.1.3. Tendências e Predição	61
5.2. A escolha dos “anos-padrão”	68
5.3. A dinâmica sazonal e mensal das chuvas em “anos-padrão”	74
5.3.1. “Ano-Padrão” de 1983 (chuvoso).....	74
5.3.2. “Ano-Padrão” de 1984 (seco).....	77
5.3.3. “Ano-Padrão” de 1989 (habitual)	80

5.4. Dinâmica atmosférica e Gênese das Chuvas, Cheias e Estiagens em “anos-padrão”	83
5.4.1. “Ano-Padrão” de 1983 (chuvoso).....	83
5.4.2. “Ano-Padrão” de 1984 (seco).....	91
5.4.3. “Ano-Padrão” de 1989 (habitual)	97
5.4.4. Síntese dos resultados	104
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
REFERÊNCIAS.....	111
APÊNDICES	116
APÊNDICE A – Planilha de análise dos postos pluviométricos, conforme critérios estabelecidos....	117
APÊNDICE B – Planilha contendo os 93 postos pluviométricos, totais anuais e “cores” representativas das classes sugeridas pela técnica de Sturges	118
APÊNDICE C – Gráfico de Análise Rítmica (Caconde – 1983).....	119
APÊNDICE D – Gráfico de Análise Rítmica (Mogi – 1983).....	120
APÊNDICE E – Gráfico de Análise Rítmica (Pradópolis – 1983).....	121
APÊNDICE F – Gráfico de Análise Rítmica (Caconde – 1984).....	122
APÊNDICE G – Gráfico de Análise Rítmica (Mogi – 1984).....	123
APÊNDICE H – Gráfico de Análise Rítmica (Pradópolis – 1984)	124
APÊNDICE I – Gráfico de Análise Rítmica (Caconde – 1989).....	125
APÊNDICE J – Gráfico de Análise Rítmica (Mogi – 1989).....	126
APÊNDICE K – Gráfico de Análise Rítmica (Pradópolis – 1989)	127

1. INTRODUÇÃO

Os limites naturais das bacias hidrográficas vêm sendo adotados, desde há muito tempo, como definidores de unidades paisagísticas que se prestam às pesquisas e análises geográficas, em particular àquelas da Geografia Física. Tais limites facilitam a identificação dos problemas ambientais ligados aos fluxos de água superficial, como é o caso das cheias e das estiagens que, por sua vez, podem estar ligadas tanto a processos naturais como àqueles induzidos pela ação humana. Uma ação que, muitas vezes, pode intensificar os processos naturais e, por consequência, provocar e ampliar as perdas econômicas e sociais.

No caso das chuvas, este elemento destaca-se por apresentar grande variabilidade e irregularidade. Características estas, que se relacionam diretamente à atmosfera, pois é nela que reside a gênese das chuvas. Tal ambiente é dotado de dinamismo próprio, apresentando um *ritmo* ligado à sucessão dos diferentes sistemas atmosféricos em uma escala regional. Este pulsar é inerente ao conceito de clima, e se manifesta nas condições atmosféricas em escala local (*in loco*).

Desta forma, priorizou-se neste estudo, a princípio, uma investigação que buscou compreender a dinâmica das chuvas, pois é o elemento meteorológico que melhor representa a diversidade climática num país de características continentais e tropicais, que é o caso do território brasileiro. A precipitação, em especial aquelas excepcionais, de repercussão intensa para as quais a população residente em áreas afetadas não está preparada, tem seus efeitos ampliados para outras esferas geográficas dotadas de dinamismo próprio, tais como: as cheias, as estiagens, os movimentos rápidos do solo, a ocupação das margens dos rios, a expansão urbana desordenada, além de outros.

Assim, compreender a origem e o comportamento das chuvas nas mais diversas escalas temporais e a sua variabilidade nas distintas escalas espaciais é fundamental para o planejamento dos recursos hídricos. Tal conhecimento pode contribuir para ações que favoreçam o melhor aproveitamento e distribuição das águas nas mais variadas instâncias, sejam elas na agricultura, nas cidades, na geração de energia elétrica, entre outras.

Somada às chuvas, a ocupação humana tem afetado os fluxos de água superficial, em especial através da construção de reservatórios. Tais obras alteram o curso natural dos rios e podem promover o barramento e/ou a regularização das vazões hídricas, alterando o fluxo original. Um estudo que busque compreender as cheias e as estiagens deve contemplar a

existência e os reflexos nestes reservatórios, em especial das usinas hidrelétricas, pois fomentam obras de maior dimensão.

Portanto, para a realização da pesquisa decidiu-se por uma área de estudo na qual existam reservatórios de usinas hidrelétricas, preferencialmente com longa série histórica de dados. É o caso da bacia do Pardo, importante região agrícola inserida no nordeste do estado de São Paulo e sul/sudeste de Minas Gerais.

Cabe ressaltar por fim a hipótese que norteia este estudo, a qual pode ser assim enunciada: *“A sucessão dos estados atmosféricos sobre a bacia do Pardo apresenta variações rítmicas que podem ocasionar tipos de tempo habitualmente esperados ou aqueles excepcionais, estes gerando episódios de muita chuva ou seca, que refletem na vazão hídrica causando cheias e estiagens”*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Dos conceitos em Climatologia Geográfica

O desenvolvimento deste estudo pautou-se nas inspirações epistemológicas presentes nos ensinamentos e princípios da escola brasileira de Climatologia Geográfica. Tais ideias foram criadas e difundidas, a princípio, pelo professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, considerado o “semeador do *ritmo* climático” (ZAVATTINI, 2004, p.19).

Nesta perspectiva, adota-se a concepção de clima como a série de estados da atmosfera, em sua sucessão habitual (MONTEIRO, 1991). Tal colocação dá um caráter verdadeiramente geográfico e dinâmico à noção de clima e tem como base as ideias propostas por Maximilien Sorre (1951), em sua obra “*Les Fondements de la Géographie Humaine*”. Inspiração esta, que contraria o pensamento predominante na climatologia clássica de sua época, preocupada em analisar os elementos climáticos de forma separatista, estática e abstrata.

Cabe ressaltar que Monteiro utiliza e aplica o pensamento sorreano apoiando-se na obra de Pédelaborde (1991), entretanto segue numa linha mais moderna, fundamentada no método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo. Este procedimento permitiu a adoção de uma estratégia metodológica diferente, preocupando-se com o mecanismo sequencial dos tipos de tempo, em uma perspectiva geográfica.

Monteiro (1969), em sua tese de doutorado, analisa a relação entre a Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental (Sul e Sudeste) do país e revela que, na área em questão, a sucessão dos tipos de tempo habituais e excepcionais é comandada pelos diferentes fluxos de invasão polar provenientes da Antártida, tendo a gênese da chuva na circulação atmosférica regional. O estudo contribui para o desenvolvimento de futuros projetos que analisem os tipos de tempo no país, de caráter dinâmico.

Em um estudo clássico elaborado por Monteiro (1971, p.9), denominado “Análise *Rítmica* em Climatologia”, o autor sintetiza o conceito de *ritmo*, e propõe a análise da dinâmica climática através do paradigma da Análise *Rítmica*, afirmando que:

o *ritmo* climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos

diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do *ritmo*.

Neste estudo, o autor propõe ainda que somente *Análise Rítmica* detalhada ao nível de “tempo”, cuja interação dos elementos e fatores climáticos, dentro de uma escala regional, permite revelar a gênese dos fenômenos climáticos, é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos na região.

Diversos foram os estudos que deram desdobramento e reconhecimento às obras de Monteiro. Entre outros, não menos importantes, podemos citar a obra de Tarifa (1975), ao trabalhar especificamente as chuvas de primavera-verão a partir da gênese nos fluxos polares no estado de São Paulo. Ele auxilia no entendimento dos avanços de ar polar sobre o continente sul-americano, enfatizando a importância de tais fluxos na geração ou ausência das chuvas em escala sazonal.

Em livro que guarda íntima relação com sua tese de doutorado, Zavattini (2009) analisa as chuvas e as massas de ar atuantes em Mato Grosso do Sul, dando sequência aos preceitos estabelecidos por Monteiro (1973) em sua “tentativa de classificação climática” de base genética, no estado de São Paulo. Esta obra, além de utilizar-se da análise rítmica, leva em conta os então recentes avanços tecnológicos ligados à computação gráfica na época.

A produção brasileira em Climatologia Geográfica foi analisada no início do século por Zavattini (2003), evidenciando a abrangência temporal e espacial dos estudos cuja prática do paradigma da *Análise Rítmica* se deu. O autor avaliou um conjunto de dissertações e teses de duas universidades do estado de São Paulo, elaborando um inventário de obras que tiveram o emprego do conceito de *ritmo* climático. Uma vez cartografadas, revelou os espaços estudados do ponto de vista *rítmico* no Brasil, destacando espaços privilegiados pelo paradigma, porém revelando que as análises dinâmicas não privilegiaram todo o território nacional.

Desta maneira, ao longo das últimas décadas diversas foram as pesquisas e projetos que deram prosseguimento aos ensinamentos desta escola, consagrando o mérito acadêmico e o potencial desta maneira de analisar a climatologia. Para fins de aplicação de tais conhecimentos nesta pesquisa, o subitem a seguir detalhou algumas obras que contribuíram diretamente para o desenvolvimento deste estudo, por abordarem regiões próximas à bacia do

Pardo e/ou mais abrangentes, e tratem em regiões de bacias hidrográficas as chuvas a partir da sua gênese nos sistemas atmosféricos.

2.2. Específica ao tema de pesquisa

Os estudos científicos do clima desvendam diversos aspectos relevantes ao ambiente e à vida do ser humano, todavia revelam-se, ainda hoje, pouco explorados no que se refere à abordagem do papel da dinâmica atmosférica na gênese e distribuição das chuvas, e consequente repercussão nos principais corpos d'água de um ambiente. Se considerada ainda a vastidão do território brasileiro, há lacunas que carecem de melhores análises, em diversas escalas.

Nesta linha de pensamento, sabe-se que as chuvas apresentam uma grande variabilidade temporal e espacial da sua distribuição, contraste que se observa no passar dos anos. Tais períodos anuais, ora mais ou menos chuvosos, sucedem-se nas diferentes unidades espaciais, como é o caso da bacia do rio Mogi-Guaçu, principal tributário do Pardo e analisado por Chierice e Landim (2014), que apresenta estações chuvosas (outubro a março) e secas (abril a setembro), além de anos representativos de padrões *habituais* e *extremos* (secos e chuvosos) ao longo do tempo.

No estado de São Paulo, Sant'Anna Neto (1999, p. 918), ao analisar o regime hídrico das precipitações, em específico no período de 1971 a 1993, afirma as seguintes considerações:

Assim como já foi notado nos outros períodos, verifica-se a tendência de concentração das chuvas no período de outubro a março, mais intensas e distribuídas em menos dias do ano. Por outro lado, a época de estiagem, de abril a setembro, não raras vezes tem se prolongado até outubro e, em algumas áreas do oeste, noroeste e norte do estado, até novembro. Está claro, entretanto, que estas mudanças do regime e distribuição das chuvas ainda estão vinculadas à dinâmica atmosférica e ainda é muito prematuro se afirmar que derivam das alterações antrópicas, pelo menos em escala regional.

Tal irregularidade do ritmo climático é evidenciada, pois permite contrastar períodos chuvosos a outros de severa estiagem. Embora prematuro afirmar que deriva de ações

antrópicas, seus efeitos e impactos são amplamente sentidos pelo ser humano, pois geram efeitos como as cheias e estiagens. Esta relação entre os fenômenos é sentida nas bacias hidrográficas, unidade definida como “a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial” (CHRISTOFOLETTI, 1974), onde este conjunto de canais de escoamento encontra-se inter-relacionados. Ainda, é considerado elemento fundamental de análise hidrológica, por ser uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório (SILVEIRA, 2009).

Nas bacias hidrográficas, as cheias e estiagens podem ser estudadas e analisadas por diversas técnicas quantitativas e modelos que às correlacionam ao volume precipitado e outros elementos, como o caso do modelo chuva-vazão MGB-IPH – “Modelo de Grandes Bacias” (MELLER *et al.*, 2012; IPH, 2014), SWAT – “Soil and Water Assessment Tool” (ARNOLD e FOHRER, 2005), entre outros. Entretanto, este estudo pretende adotar uma visão qualitativa e eminentemente geográfica da dinâmica climática através da análise *rítmica* dos tipos de tempo na bacia (MONTEIRO, 1971), pois é na atmosfera que reside a gênese destes fenômenos, e tal repercussão se dará em nível diário de análise.

O estudo em questão apresenta um tema de pesquisa pouco explorado no âmbito da Climatologia Geográfica, ao relacionar o paradigma do *ritmo* climático à dinâmica hídrica de uma bacia hidrográfica, fluência verificada na vazão e em reservatórios de usinas hidrelétricas. Embora apresente tal limitação na literatura, selecionaram-se obras que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste estudo, ao trabalhar com aspectos climáticos e a gênese das chuvas em bacias hidrográficas específicas.

Maksoud (1964), em um estudo clássico que envolve o aproveitamento hídrico e energético na bacia hidrográfica do rio de Contas, na Bahia, considera a atuação da circulação atmosférica regional para a ocorrência das chuvas na região, colocando a pluviosidade como o fenômeno atmosférico que mais interessa ao estudo. Tais procedimentos, apesar de dificuldades encontradas quanto à obtenção de dados meteorológicos, permitiram uma análise de episódios de enchentes ocorridas na primeira metade do século XX na bacia.

Nimer (1979) faz uma importante contribuição a estudos em âmbito regional, que associem a circulação atmosférica às repercussões do regime das chuvas sobre o regime hidrológico, em seu trabalho “Pluviometria e Recursos Hídricos de Pernambuco e Paraíba”. Enquanto a variação temporal e espacial da temperatura é relativamente homogênea, em regiões próximas à linha do Equador, o traço marcante no ambiente estudado pelo autor passa a ser o regime pluviométrico, com péssima distribuição anual resultando em concentração

sazonal das chuvas, estas resultando regimes hidrológicos do tipo torrencial, com cheias muito violentas e a recessão vigorosamente acelerada em longos períodos de estiagens.

Boin (2000), em estudo que analisa chuva e erosão no oeste paulista, traz grande contribuição ao conduzir sua pesquisa através do paradigma da análise rítmica e aplicá-lo muito bem a outro fenômeno, no caso a erosão. Cabe ressaltar a importância dos procedimentos computacionais por ele utilizados em seu estudo, que possibilitaram a análise de uma grande série de dados.

Mernardi Júnior (2000), em sua tese de doutorado, analisou o regime e ritmo das chuvas na bacia do rio Piracicaba, área de grande importância econômica no estado de São Paulo. Enfatizou em seu estudo a sucessão dos estados atmosféricos e o paradigma do ritmo climático, através da aplicação da *Análise Rítmica*. Tais resultados sugerem que os impactos pluviais também podem estar associados à má organização urbana, agrícola e econômica do próprio espaço geográfico.

Zandonadi (2009; 2013), em sua dissertação de mestrado sobre as chuvas na bacia do Paraná, para anos-padrão chuvoso, seco e habitual, aproxima-se do tema da pesquisa por abranger a variável chuva numa área de estudo na qual está inserida a bacia do Pardo. Já na sua tese de doutorado, na mesma área de estudo, o autor trabalha diretamente com o *ritmo* climático e o associa às variações na vazão hídrica (vazão natural) de seis usinas hidrelétricas para “anos-padrão”, entre elas a usina Euclides da Cunha, localizada no interior da bacia hidrográfica do Pardo.

Chierice Júnior (2013), em sua tese de doutorado, utiliza-se de “anos-padrão” para analisar e comparar as chuvas às vazões na bacia hidrográfica do Pardo, mesma área adotada para este estudo. Ainda que não se utilize da dinâmica climática para explicar a gênese dos fenômenos, realiza uma excelente contribuição ao analisar a relação entre a chuva e a vazão a partir de técnicas quantitativas em nível diário.

Assim, espera-se nesta pesquisa desenvolvida contribuir de maneira significativa para a compreensão do ritmo das chuvas, e sua respectiva gênese na dinâmica da atmosfera em âmbito regional para a bacia hidrográfica do Pardo, e ainda suas repercussões na dinâmica hídrica, agregando análises ainda pioneiras para a área de estudo em específico.

3. A BACIA DO PARDO

3.1. Localização e limites da área de estudo

A área do presente trabalho está inserida na porção nordeste do estado de São Paulo e no sul/sudoeste de Minas Gerais. Localiza-se entre os paralelos de 20° e 23° latitude Sul e de 46° a 49° longitude Oeste, abrangendo toda a bacia do Pardo e seu entorno (Figura 1). Tal bacia hidrográfica possui área total aproximada de 35.720 Km² e sua drenagem principal se destaca por ser o principal tributário do rio Grande, formador do rio Paraná.

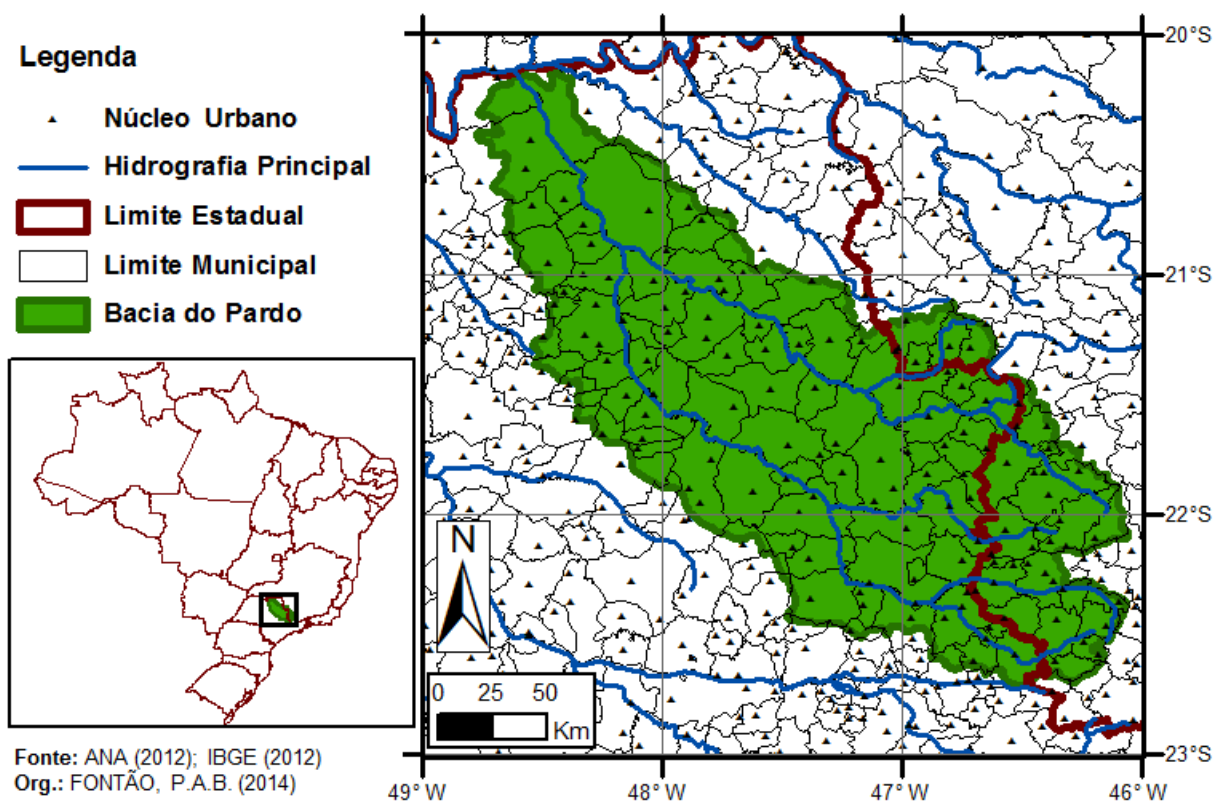


Figura 1 – A bacia hidrográfica do Pardo.

Tal delimitação da bacia compreende um total de 127 municípios, sendo 96 pertencentes ao estado de São Paulo e 31 a Minas Gerais. Dos municípios, 61 estão totalmente inseridas nos limites da bacia hidrográfica e os demais 66 situam-se parcialmente, ou seja, seus territórios extrapolam os limites estabelecidos. Destes, 35 não tem sua sede administrativa inserida na bacia hidrográfica do Pardo.

Na porção paulista, contam-se 53 municípios totalmente inseridos nos limites da bacia, e outros 17 municípios parcialmente inseridos nos limites, entretanto com sua sede administrativa situada no interior da mesma. Na porção mineira, contam-se 8 municípios totalmente inseridos nos limites da bacia, e outros 14 municípios parcialmente inseridos nos limites, todavia com sua sede administrativa situada no interior da mesma.

3.2. Caracterização do universo de estudo

A região pertencente à bacia hidrográfica do Pardo tem sua ocupação relacionada inicialmente com as chamadas “bandeiras”, na qual surgiram vilarejos para repouso dos desbravadores. Com a expansão da cultura do café para o interior do estado de São Paulo, na segunda metade do século XIX, a região passou a apresentar grande fluxo de imigrantes, principalmente a partir da implantação da rede ferroviária que impulsionou a economia da região, destacando-se a Companhia Mogiana de Estradas de Ferro.

Este fluxo resultou na expansão de cidades importantes no sudeste brasileiro, caso de Ribeirão Preto-SP e Poços de Caldas-MG. Na atualidade, a região destaca-se por ser uma área densamente povoada, bem urbanizada e com importância econômica no setor agropecuário, principalmente no cultivo de cana-de-açúcar, citros e café, o que provocou e/ou provoca mudanças e impactos na paisagem regional (CPRM, 2002).

Ao longo de suas drenagens, a bacia apresenta vazões que naturalmente afluem ao aproveitamento hidrelétrico, de elevado potencial energético. Potencial este que resulta em um total de oito Usinas Hidrelétricas (UHE) inventariadas e aprovadas que, associadas ao potencial energético remanescente na área, tem estimado um potencial de 7.766,61 Megawatts, 1,8% do total nacional. A Figura 2 ilustra tal distribuição, ressaltando-se que somente cinco usinas, que se encontram à montante do rio Pardo, estão em operação e possuem longa série de dados históricos.

Entretanto, da análise da Figura 2, constata-se que o número de usinas em operação e/ou inventariadas não se resume às oito totais de grande porte. Existem 27 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) inventariadas, sendo destas 10 em operação atualmente, e definidas como “usinas com potência instalada superior a 1 Megawatt e igual ou inferior a 30 Megawatt e com o reservatório com área igual ou inferior a 3 Km²”. Ainda, no interior da bacia encontra-

se 21 Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH) inventariadas, operando atualmente 13 delas, cuja definição de CGH são “usinas com potência instalada de até 1 Megawatt” (ANEEL, 2012).

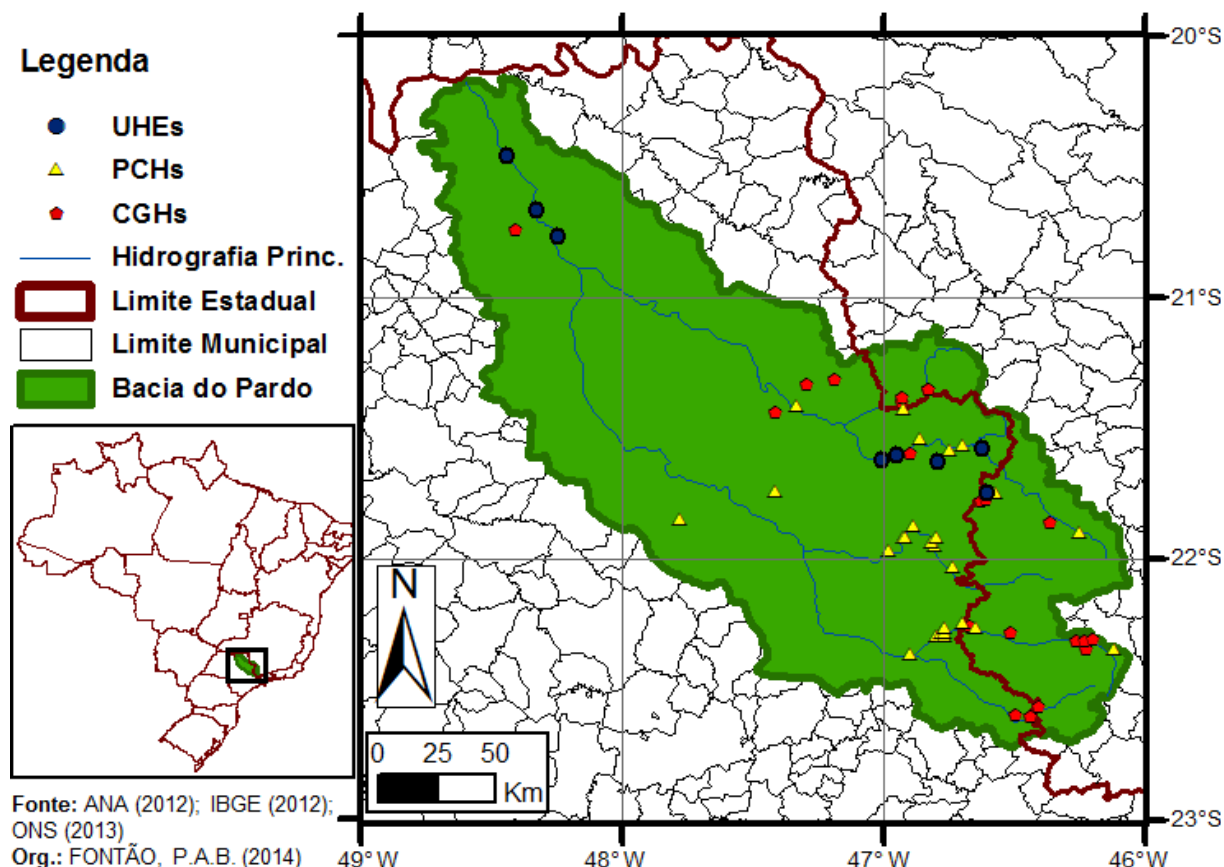


Figura 2 – Distribuição das UHE, PCH e CGH em operação e/ou inventariadas na bacia do Pardo.

A Tabela 1 apresenta um inventário a partir dos dados disponibilizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, *Op. Cit.*), contendo todas as Usinas Hidrelétricas (inventariadas, em análise e em operação), o tipo de usina, latitude, longitude, município principal na qual está inserida e o rio de drenagem.

Tabela 1 – Inventário das Usinas Hidrelétrica inseridas na bacia do Pardo.

Tipo	Nome	Lat.	Long.	Município	Rio	Estágio
UHE	Barretos	-20,46	-48,44	Barretos - SP	Pardo	Inventariado ¹
UHE	Baranhão	-20,66	-48,33	Jaborandi - SP	Pardo	Inventariado
UHE	Viradouro	-20,76	-48,24	Terra Roxa - SP	Pardo	Etapas de Implantação ²
UHE	Caconde	-21,57	-46,62	Caconde - SP	Pardo	Operação ³
UHE	Euclides da Cunha	-21,60	-46,94	São José do Rio Pardo - SP	Pardo	Operação
UHE	Limoeiro	-21,62	-47,00	São José do Rio Pardo - SP	Pardo	Operação
UHE	Rio do Peixe	-21,62	-46,79	São José do Rio Pardo - SP	do Peixe	Operação
UHE	Antas II	-21,74	-46,60	Poços de Caldas - MG	das Antas	Operação
PCH	Itaipava	-21,41	-47,33	Sta. Rosa de Viterbo - SP	Pardo	Operação
PCH	São Sebastião	-21,42	-46,92	Arceburgo - MG	Canoas	Operação

Continuação da Tabela 1

PCH	São José	-21,54	-46,86	São José do Rio Pardo - SP	Pardo	Etapas de Implantação
PCH	Carrapatos	-21,56	-46,70	Caconde - SP	Pardo	Etapas de Implantação
PCH	João B. de L. Fig.	-21,58	-46,74	São José do Rio Pardo - SP	Pardo	Operação
PCH	Padre Carlos	-21,69	-46,57	Poços de Caldas - MG	das Antas	Operação
PCH	São Valentim	-21,74	-47,42	Sta. R. do P. Quatro - SP	Claro	Operação
PCH	Antas I	-21,76	-46,60	Poços de Caldas - MG	das Antas	Operação
PCH	São Joaquim	-21,87	-46,88	São João da Boa Vista - SP	Jaguari-Mirim	Operação
PCH	Capão Preto	-21,88	-47,80	São Carlos - SP	Quilombo/Negro	Operação
PCH	Clayton Ferreira	-21,89	-46,25	Caldas - MG	Capivari	Etapas de Implantação
PCH	Retirão	-21,91	-46,92	Vargem Grande do Sul - SP	Jaguari-Mirim	Etapas de Implantação
PCH	Nª. Sra. das Graças	-21,91	-46,91	São João da Boa Vista - SP	Jaguari-Mirim	Etapas de Implantação
PCH	Nª. Sra. de Fátima	-21,91	-46,80	São João da Boa Vista - SP	Jaguari-Mirim	Inventariado
PCH	São José	-21,93	-46,81	São João da Boa Vista - SP	Jaguari-Mirim	Etapas de Implantação
PCH	Santa Inês	-21,95	-46,80	São João da Boa Vista - SP	Jaguari-Mirim	Etapas de Implantação
PCH	Jacubinho	-21,96	-46,98	Aguai - SP	Jaguari-Mirim	Inventariado
PCH	São Geraldo	-22,03	-46,73	São João da Boa Vista - SP	Jaguari-Mirim	Etapas de Implantação
PCH	Divisa	-22,25	-46,70	Esp. Sto. Do Pinhal - SP	Mogi-Guaçu	Etapas de Implantação
PCH	Nova Pinhal	-22,26	-46,76	Esp. Sto. Do Pinhal - SP	Mogi-Guaçu	Etapas de Implantação
PCH	Rolador	-22,26	-46,65	Jacutinga - MG	Mogi-Guaçu	Etapas de Implantação
PCH	Pinhal	-22,28	-46,76	Esp. Sto. Do Pinhal - SP	Mogi-Guaçu	Operação
PCH	Eleutério	-22,28	-46,76	Esp. Sto. Do Pinhal - SP	Mogi-Guaçu	Etapas de Implantação
PCH	Saltinho	-22,30	-46,80	Mogi-Guaçu - SP	Mogi-Guaçu	Etapas de Implantação
PCH	Rio Eleutério	-22,30	-46,76	Itapira - SP	Eleutério	Etapas de Implantação
PCH	Tocos	-22,35	-46,11	Tocos do Moji - MG	Mogi-Guaçu	Inventariado
PCH	Mogi-Guaçu	-22,36	-46,90	Mogi-Guaçu - SP	Mogi-Guaçu	Operação
CGH	Palmeiras	-20,74	-48,41	Terra Roxa - SP	Rib. das Palmeiras	Operação
CGH	Cubatão 1	-21,31	-47,19	Cássia dos Coqueiros - SP	Cubatão	Operação
CGH	Águas Claras	-21,33	-47,41	São Simão - SP	Rib. Águas Claras	Etapas de Implantação
CGH	Cajuru	-21,33	-47,29	Cajuru - SP	Cubatão	Operação
CGH	Fazenda Jedai	-21,35	-46,82	Mateiros - MG	Galhão	Operação
CGH	Dr. Tito I	-21,38	-46,92	Arceburgo - MG	Ribeirão da Onça	Etapas de Implantação
CGH	Dr. Tito II	-21,40	-46,93	Arceburgo - MG	Ribeirão da Onça	Etapas de Implantação
CGH	Santa Alice	-21,60	-46,90	São José do Rio Pardo - SP	Fartura	Operação
CGH	Ubirajara M. Mora.	-21,77	-46,61	Poços de Caldas - MG	Rib. das Antas	Operação
CGH	Bortolan	-21,78	-46,63	Poços de Caldas - MG	Rib. das Antas	Operação
CGH	Coroado	-21,86	-46,36	Caldas - MG	Verde	Operação
CGH	Jacutinga	-22,25	-46,67	Jacutinga - MG	Mogi-Guaçu	Operação
CGH	Jacutinha	-22,26	-46,66	Jacutinga - MG	Mogi-Guaçu	Inventariado
CGH	São Pedro	-22,28	-46,51	Ouro Fino - MG	Mogi-Guaçu	Inventariado
CGH	Furnas (montante)	-22,31	-46,26	Inconfidentes - MG	Mogi-Guaçu	Inventariado
CGH	Pedra Negra	-22,31	-46,23	Inconfidentes - MG	Mogi-Guaçu	Inventariado
CGH	Santa Terezinha	-22,31	-46,19	Borda da Mata - MG	Mogi-Guaçu	Etapas de Implantação
CGH	Espraçado	-22,35	-46,22	Tocos do Moji - MG	Espraçado	Operação
CGH	Cach. B. Brandão	-22,57	-46,41	Bueno Brandão - MG	da Cachoeirinha	Operação
CGH	Socorro	-22,60	-46,50	Socorro - SP	do Peixe	Operação
CGH	Peixe	-22,60	-46,44	Socorro - SP	do Peixe	Operação

Fonte: ANEEL, 2012.

¹ **Inventariado:** resultado de estudo da bacia hidrográfica, para a determinação do seu potencial hidrelétrico, mediante a escolha da melhor alternativa de divisão de queda, de forma a se obter uma avaliação da energia disponível, dos impactos e custos (ANEEL, 2012).

² **Etapas de Implantação:** empreendimentos em estudo de viabilidade, projeto básico ou em construção.

³ **Operação:** empreendimentos instalados que já iniciaram sua operação comercial.

3.3. Aspectos físicos da bacia

A Figura 3 ilustra a altimetria, drenagem principal e localização da região estudada. Por apresentar suas nascentes em um relevo acidentado, característico da região da

Mantiqueira, existe um elevado potencial hídrico na região próxima à montante. Tal disposição geomorfológica, em especial na área das nascentes, pode influenciar no volume das precipitações através do efeito orográfico (MONTEIRO, 1999). O abastecimento hídrico e o aproveitamento hidrelétrico são dois exemplos do aproveitamento deste potencial.

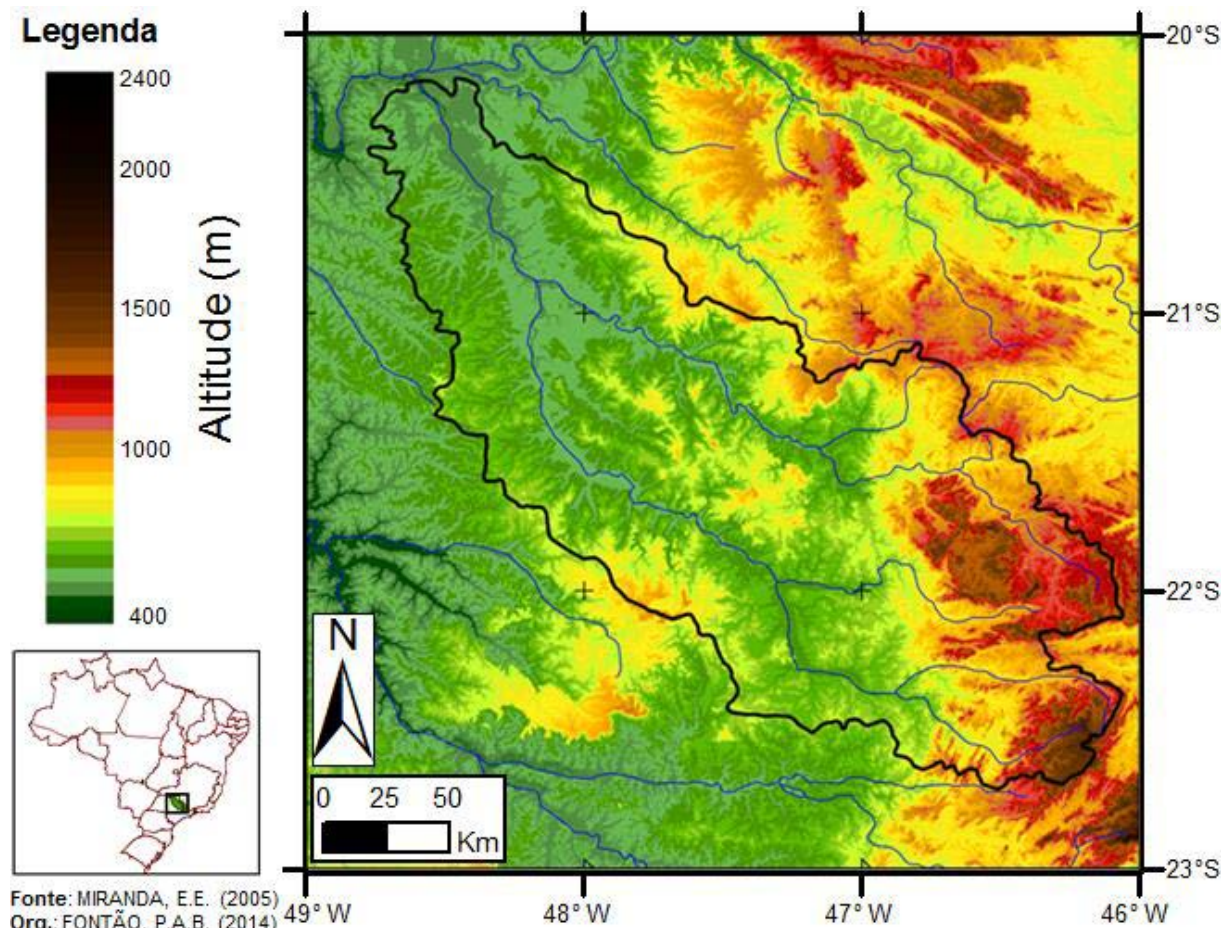


Figura 3 – Bacia do Pardo (em destaque): Altimetria.

A nascente principal do Pardo reside nos contrafortes da Serra da Mantiqueira na Serra do Cervo, localizada no município de Ipuina – MG a uma altitude aproximada de 1.360 metros (MENEZES, 2000), percorrendo um total de 573 Km em direção à jusante na região noroeste da bacia. Seu afluente principal, o rio Mogi-Guaçu, tem sua nascente no município de Bom Repouso – MG, também na região da Serra da Mantiqueira, a uma altitude aproximada de 1.510 metros, escoando longitudinalmente cerca de 530 Km até desaguar no Pardo, numa altitude próxima de 483 metros acima do nível do mar, podendo ser classificado como um rio consequente e epirogênico (ZANCOPÉ, 2004).

Na Figura 5 é possível examinar a hidrografia em escala de maior detalhe (1:1.000.000). Verifica-se uma rede de drenagem densa e com predominância dendrítica (a jusante), escoando no sentido Sudeste-Noroeste, destacando-se duas drenagens principais: o rio Pardo no setor setentrional, e o rio Mogi-Guaçu na porção meridional.

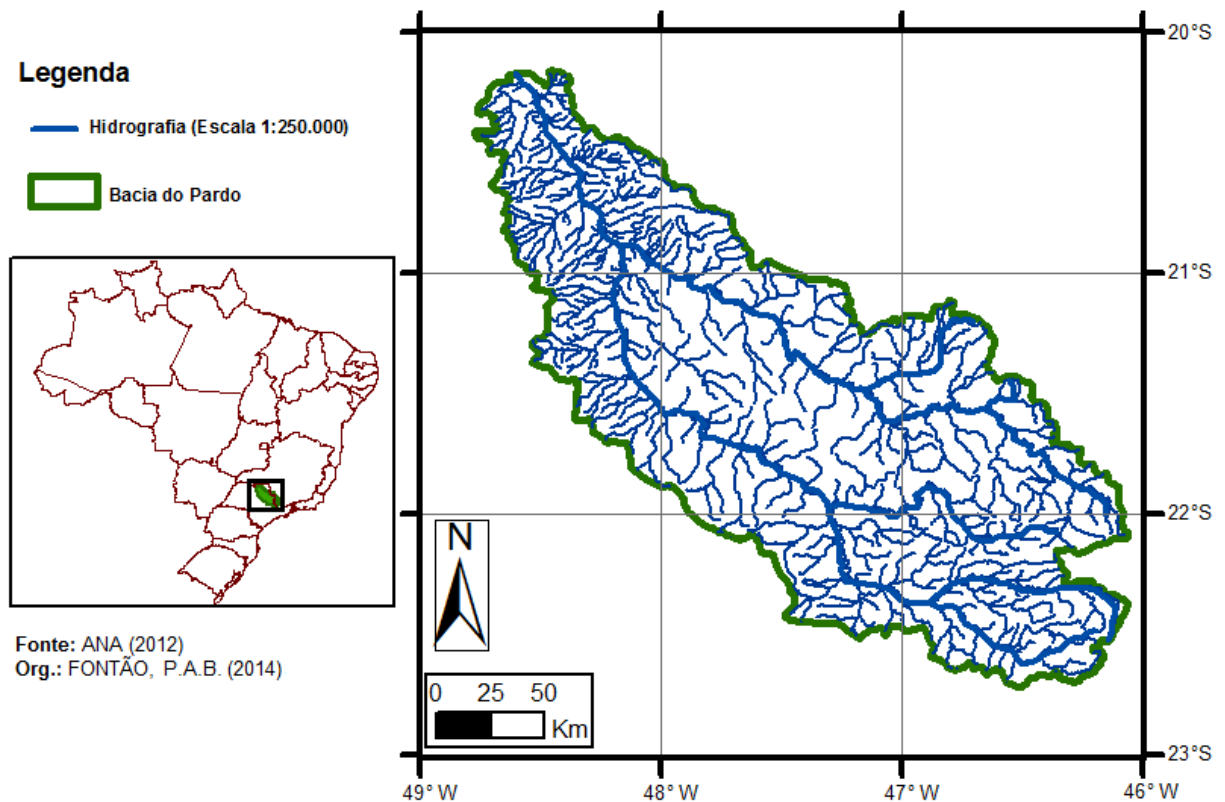


Figura 5 – Bacia do Pardo: hidrografia em escala de detalhe.

O Mogi-Guaçu, principal tributário do Pardo, apresenta ainda os rios do Peixe (margem esquerda) e Jaguari-Mirim (margem direita) como principais afluentes à montante, destacando-se à jusante o ribeirão da Onça. Anterior à confluência com o Mogi, o rio Pardo apresenta o ribeirão Bom Jesus e o rio Canoas como principais afluentes, ambos na margem direita. Posterior à confluência, os principais tributários são o ribeirão das Palmeiras (margem esquerda) e o ribeirão do Rosário (margem direita).

Do ponto de vista climático, a princípio, é preferível citar a importante contribuição de Monteiro (1973), ao elaborar seu estudo intitulado “A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo”. Uma obra que o autor analisa, geograficamente, as chuvas que caem sobre o território paulista, estado em que se insere a maior parte da área de estudo. Nela o

autor sugere uma “tentativa” de classificação climática para o estado, que pode ser visualizada na Figura 6.

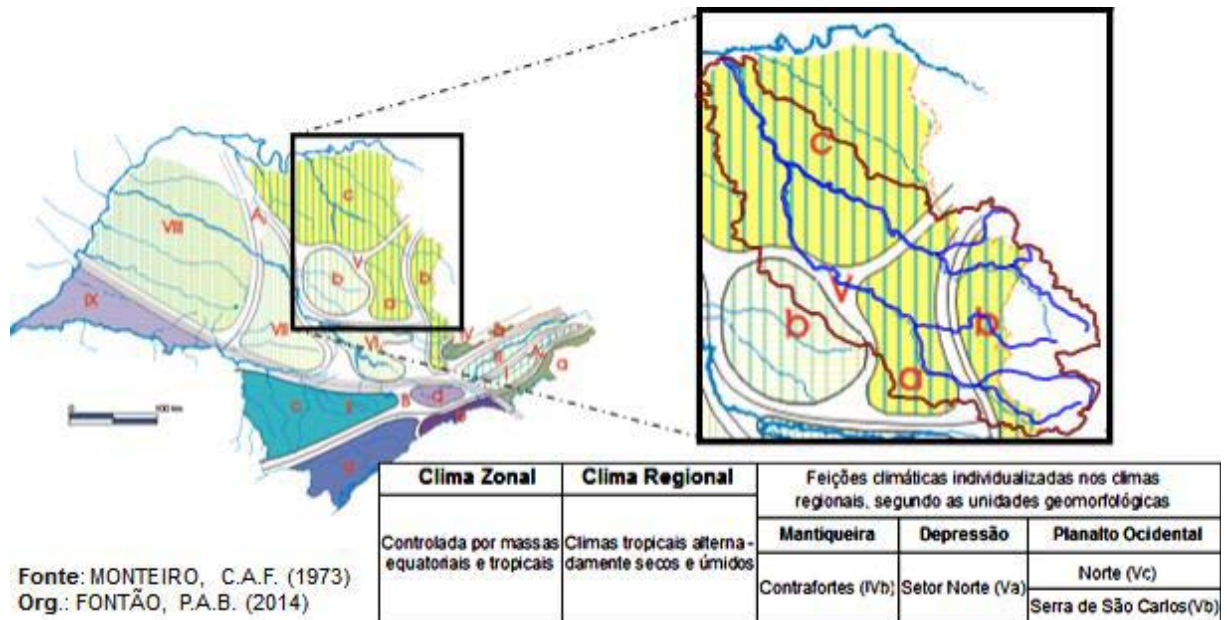


Figura 6 – Esquema representativo das feições climáticas individualizadas no território paulista dentro das Células Climáticas Regionais e das articulações destas nas Faixas Zonais, com a área da bacia do Pardo e seu entorno em destaque.

O Estado de São Paulo é regionalizado basicamente em duas Zonas climáticas, A e B, de transição móvel devido ao dinamismo atmosférico, cuja faixa de transição divide o território paulista entre a porção sul, com invernos relativamente chuvosos, e norte, que possui verão chuvoso e inverno seco. A bacia do Pardo insere-se ao norte desta faixa, com clima controlado por massas equatoriais e tropicais, alternadamente secos e úmidos, devido à distância do litoral. A figura destaca as unidades IV (b) e V (a, b, c) no centro-norte do estado, pois o Pardo apresenta suas principais nascentes nos contrafortes da Mantiqueira e corta as unidades geomorfológicas da Depressão Paulista e o Planalto Ocidental.

Tal localização representa uma quantidade e frequência das chuvas bem superior na porção leste da bacia, próxima à montante do rio Pardo, por ser uma área individualizada climaticamente graças ao relevo e maior proximidade com o litoral. A porção oeste se individualiza pelo ritmo da circulação atmosférica regional, que se justapõe às diversificações do relevo, característica pela existência de um período seco muito nítido onde a frequência das chuvas diminui consideravelmente no sentido à jusante do rio Pardo, predominando um inverno mais nitidamente seco no noroeste da bacia (MONTEIRO, *Op. Cit.*).

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1. Materiais utilizados

Os dados meteorológicos utilizados na pesquisa foram identificados e coletados através de elenco e banco de dados digitais disponibilizados na *internet*, em *sites* de órgãos públicos de forma gratuita.

Para a compilação, análise, seleção e tratamento dos dados foram utilizados os softwares *Microsoft Access 2010* e *Microsoft Excel 2010*. A confecção dos gráficos e tabelas que ilustram esta dissertação, muito úteis para a síntese e interpretação dos resultados, foi realizada unicamente através do *Excel*. A montagem e edição dos gráficos-síntese de análise *rítmica* foram feitas utilizando o software *Microsoft PowerPoint 2010*.

A delimitação, localização e os materiais cartográficos da pesquisa foram feitos através da utilização de três softwares: *ArcGIS 10.0*, da *ESRI*, *Quantum GIS 1.8*, da *Creative Commons*, e *Surfer 11*, da *Golden Software, Inc.* O procedimento da interpolação de dados na forma de isoietas foi realizado através do método *Kriging*.

4.2. Compartimentos da bacia utilizados

Considerando o fato de não haver na literatura científica uma delimitação precisa dos compartimentos da bacia do Pardo, que contemple em específico as porções paulista e mineira, foi elaborada uma proposta de regionalização da mesma. Tal procedimento foi feito a partir da identificação de variáveis delimitadoras, capazes de distinguir, espacialmente, áreas com maior homogeneidade do ponto de vista altimétrico, geomorfológico e hidrológico.

Entre as bibliografias que auxiliaram nesta delimitação, é importante citar o Plano da bacia do rio Mogi Guaçu (CBH-MOGI, 2008), pois apresenta uma proposta de regionalização do principal tributário do rio Pardo. Da posse de tal material foi feita, através da utilização do software *ArcGIS*, uma análise, em geoprocessamento, comparativa desta proposta às variáveis relevo e topografia fornecida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), intitulado projeto Brasil em Relevo (MIRANDA, 2005). Ainda, para fins auxiliares, contou com levantamentos da hidrografia em diversas escalas fornecidas pela Agência Nacional de

Águas (ANA). A sobreposição de tais camadas permitiu a delimitação de seis compartimentos, proposta possível de ser visualizada através da Figura 7.

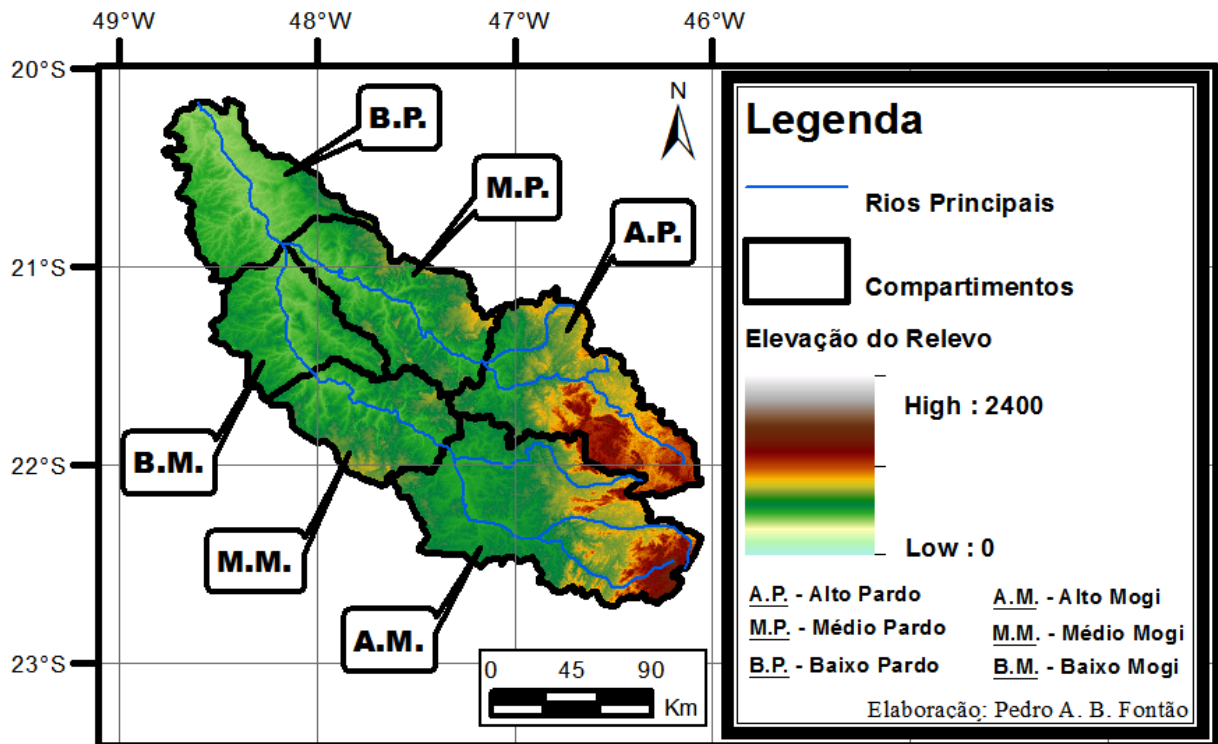


Figura 7 – Compartimentos da bacia do Pardo

Fonte: CBH-MOGI (2008); MIRANDA, E.E. (2005).

As subunidades A.P. e A.M. (Alto Pardo e Alto Mogi, respectivamente), inseridas à montante na bacia, concentram as principais nascentes dos rios Pardo e Mogi e altitudes mais elevadas, características da Serra da Mantiqueira, drenando ainda trechos da Depressão Periférica paulista. Na região central, a existência de três compartimentos é justificada pela influência de um relevo mais elevado nas bordas das subunidades M.P. e M.M. (Médio Pardo e Mogi, respectivamente), e um relevo menos acidentado na subunidade B.M. (Baixo Mogi). Após o encontro do rio Mogi com o Pardo, à jusante, a região passa a apresentar um relevo aplainado característico nas proximidades do Planalto Ocidental, sendo a subunidade B.P., intitulada Baixo Pardo.

4.3. Procedimentos metodológicos aplicados

4.3.1. Processo de coleta dos dados pluviométricos

No procedimento de obtenção de dados, item indispensável para o andamento da pesquisa, foi adotado o máximo de cautela possível para evitar eventuais falhas, que poderiam comprometer a qualidade dos resultados a serem obtidos. Tomando por base esta afirmação, foram identificadas as estações pluviométricas localizadas na área de estudo através de inventário fornecido pela Agência Nacional de Águas (ANA), órgão federal responsável por organizar e administrar informações hidrológicas em território nacional.

Na posse de tal inventário, foi possível verificar informações individuais a respeito das 27.367 estações que compõe o elenco, entre elas latitude, longitude, altitude, tipo de estação, período de funcionamento e outras anotações relevantes. Através da localização geográfica e tipo de estação, foi possível individualizar somente os postos pluviométricos inseridos no interior da área de estudo (20° a 23° latitude Sul e 46° a 49° longitude Oeste). Ainda, observou-se no inventário a existência de 759 entidades, compostas por órgãos públicos e empresas privadas, responsáveis pela operação de tais dados, todavia apenas 27 operam no interior da área de estudo.

A coleta dos dados se deu através do portal *Hidroweb*, sistema de informações hidrológicas administrado pela ANA (2012). Neste sítio eletrônico, é possível consultar todos os postos disponíveis no banco de dados a partir de um código de oito dígitos (Prefixo ANA), fornecido através do inventário, e optar por baixar sua respectiva série histórica em Arquivo Access ou Arquivo Texto. Para facilitar a manipulação dos mesmos, optou-se pelo Arquivo Access.

Os dados foram adquiridos de forma individual para cada um dos postos, em arquivos que contempla toda a série histórica existente em registros de chuva diária. É importante ressaltar que na área de estudo foram identificados 1.010 postos pluviométricos no total, contudo somente 803 possuíam registro disponível para *download* no sistema e foram efetivamente coletados, descartando 207 postos indisponíveis.

Cabe ressaltar que se optou por trabalhar com todos os postos inseridos na bacia e adjacências, compreendendo a área total a princípio delimitada, entre os paralelos de 20° a 23° latitude Sul e 46° a 49° longitude Oeste. Tal procedimento se justifica, pois, além de

propiciar uma melhor cobertura espacial de dados para fins de interpolação, ainda permite auxiliar no processo da correção de eventuais falhas, pois mesmo em bacias de drenagem vizinha, poderá haver semelhança no comportamento meteorológico.

4.3.2. Processo de manipulação e análise dos dados pluviométricos

Os registros obtidos em Arquivo Access foram exportados para arquivos individuais no formato *Excel*, pois tal plataforma permite uma melhor visualização, análise e tratamento das informações. Ainda, é possível selecionar todas as células em branco da planilha de uma só vez, técnica muito útil para encontrar ausência de registros de forma rápida. A manipulação dos dados, a princípio, se mostrou bastante complexa devido à elevada quantidade de postos e informações coletadas, tornando necessária a adoção de critérios minuciosos para a análise das mesmas.

Para analisar a consistência dos registros obtidos nos 803 postos, através da verificação das falhas diárias, mensais e anuais nos dados de chuva, foi utilizado procedimento similar a outros estudos já consagrados no âmbito da Climatologia Geográfica, a citar Zavatini (1983; 1990), Boin (2000), Zandonadi (2009), Amaral (2012), entre outros. Tal procedimento consiste na construção de planilhas contendo os postos e sua respectiva série histórica, preenchendo as lacunas (falhas e/ou ausência de dados) nelas existentes, com o objetivo de classificar quais possuem série confiável de dados, e auxiliar na escolha da série temporal que poderá ser utilizada na pesquisa.

Assim, foi confeccionada uma planilha que sintetiza as principais informações para a continuidade desta pesquisa (Apêndice A). Consiste em linhas contendo todo o elenco de postos e colunas contendo sua respectiva localização geográfica, altitude e série histórica sequencial de 1910 a 2012, em escala anual. O início da série é referente ao ano de início das medições climatológicas sistemáticas no Brasil, por parte do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Nesta planilha, os postos foram dispostos e ordenados a partir do prefixo ANA, codificação de oito dígitos das estações pluviométricas, que considera a localização geográfica e divide automaticamente os postos em quadrículas, formando uma malha de um grau para um grau, a partir da latitude (2° e 3° dígitos) e longitude (4° e 5° dígitos), no sentido nordeste – sudoeste. (ANA, 2009, p. 10).

Adotou-se um padrão, para o preenchimento da série histórica na planilha, a partir da análise individual de cada posto. Para cada ano da série com dados completos, foi computado em sua célula específica o número 1 e preenchido de cor verde. No caso do ano apresentar até 10 falhas diárias em cada mês, sua célula também foi computada com o número 1, porém preenchida na cor amarela, representando um ano com falhas em nível diário, entretanto propício, pois possui ao menos dois terços de consistência nos dados. A ocorrência de um ou mais períodos mensais com o número de falhas diárias superior a 10, ou ausência total do dado anual, é representada na célula pelo número 0 e cor vermelha, descartando a utilização deste ano na pesquisa.

A adoção do padrão binário para o preenchimento das células, somado ao conjunto cromático, pretende facilitar a visualização e utilização das informações da planilha. A utilização dos números foi adotada pela seguinte justificativa: a soma de cada linha da planilha evidencia o número total de anos com dados consistentes do posto, sequenciais ou não, e a soma de cada coluna mostra quantos dados existem no total para cada ano série.

O padrão cromático, baseado nos semáforos de trânsito convencionais, tem sua adoção muito bem explicada por Zandonadi (2009, p. 34-35), transcrita abaixo:

Desta maneira, pode-se dizer que as células verdes indicam postos que podem ter seus dados aproveitados por vizinhos próximos com falhas; já as células de cor amarela indicam meses que poderiam passar por tratamento estatístico, tendo em vista o preenchimento de falhas que, neste caso, não ultrapassam os 10 dias, uma decisão empírica que considerou que este número equivale, praticamente, a um terço de um mês inteiro. Já as células vermelhas, com grande número de dias com falhas de dados, seriam descartadas, pois qualquer tratamento estatístico para preenchimento de mais de um terço de um dado mês do ano poderia (e pode) mascarar os valores de chuvas realmente registrados ao longo da bacia em estudo, e fugiria dos propósitos da presente dissertação.

Um fato verificado durante a análise dos dados foi que alguns postos traziam dados repetidos (nem sempre toda a série histórica), em virtude da existência de dois diferentes “Níveis de Consistência” (1 e 2). Nestes casos, optou-se por utilizar o nível de consistência 1, por apresentar sempre uma série mais longa e de melhor qualidade, pois trata-se do dado original.

4.3.3. Espacialização dos dados

Com os dados devidamente obtidos, selecionados e analisados, iniciou-se o trabalho de espacialização dos postos pluviométricos, a fim de verificar a distribuição geográfica na área. Para tanto, utilizou-se das variáveis independentes de localização (latitude e longitude), fornecidas pela ANA para cada pluviômetro de seu inventário. A interpolação dos pontos para a forma de vetor georreferenciado, possíveis de se trabalhar espacialmente em Sistema de Informação Geográfica (SIG), foi realizada através do *software Surfer 11*.

Desta forma, a Figura 8 permite visualizar, à esquerda, a distribuição geográfica e dos 1.010 pluviômetros na área de estudo. A princípio, observa-se uma boa densidade na área, evidenciando uma boa cobertura de postos de coleta na escala regional. Todavia, é importante recordar que tal número não representa o total de dados coletados, pois destes somente 803 possuíram acesso disponível, distribuição representada cartograficamente à direita da figura.

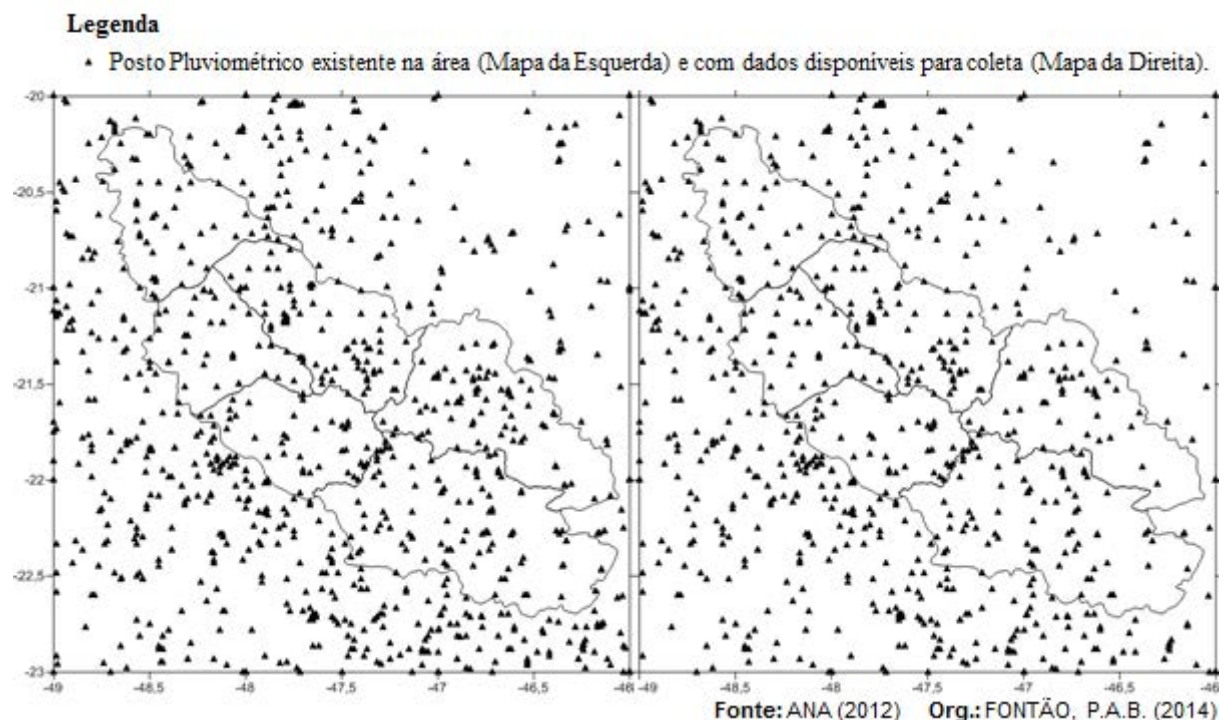


Figura 8 – 1.010 Postos pluviométricos existentes (mapa da esquerda) e 803 postos com dados coletados (mapa da direita) na área de estudo.

Numa análise preliminar da Figura 8, é possível verificar que mesmo considerando somente os dados coletados, há uma boa densidade de postos, distribuídos ao longo de toda a área de estudo. Verifica-se, ainda, uma menor densidade de pontos próxima às cabeceiras dos

rios Pardo e Mogi, e a nordeste da área, região pertencente ao estado de Minas Gerais. Porém, vale ressaltar que esta distribuição apresentada revela somente os pluviômetros que existem e/ou existiram na área, e que foi possível ter acesso aos dados (a direita da figura). Estes, por não apresentarem séries históricas ininterruptas e/ou homogêneas entre si, não necessariamente poderão ser comparados.

4.3.4. Escolha do período de estudo

Uma vez tabelados, analisados e mapeados os postos pluviométricos, e antes de iniciar a aplicação das técnicas de pesquisa em Climatologia, estáticas ou dinâmicas, torna-se necessário a homogeneização dos dados para lidar com as inconsistências nas séries temporais. Como bem ilustra a planilha geral (Apêndice A), as séries pluviométricas obtidas para cada um dos 803 postos não coincidem cronologicamente entre si.

A planilha contendo toda a série histórica em nível anual, agrupados por quadrículas pelo prefixo ANA, permitiu uma visualização geral da distribuição temporal dos dados aliado à concentração dos mesmos para cada quadrícula. A possibilidade de obter a soma total de anos com dados consistentes para análise, para cada localidade na área e ano da série histórica, associado à verificação individual da homogeneidade na série (número de anos inconsistentes), foram recursos de grande utilidade para a escolha do período de estudo.

Das características previamente analisadas, foi possível notar que até a década de 1940 havia uma baixa quantidade de postos implantados na área de estudo, com dados pouco consistentes. Entre os postos analisados, há uma boa parcela que pertenceram às antigas Companhia Mogiana de Estradas de Ferro (CMEF) e Companhia Paulista de Estradas de Ferro (CPEF), fato que resultou, a partir da decadência do transporte ferroviário no Brasil no final da década de 1960 e início da década de 1970, na desativação de uma grande quantidade de pluviômetros que se espalhavam pelo interior de São Paulo. A pequena cobertura temporal de dados e a elevada quantidade de interrupções e falhas inviabilizam a utilização da maioria destes registros históricos.

Também, é possível notar uma sensível interrupção na série de dados em postos do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) nos anos de 1995, 1997, 1999 e em especial 2003. Entre os motivos que explicam tais interrupções, pode-se citar o fim das

medições na rede hidrometeorológica pelo órgão durante a década de 1990 e a dificuldade ao acesso a dados mais recentes.

Portanto, adotou-se como primeiro critério para a escolha do período de estudo um recorte na planilha analisada contendo somente a série de maior ocorrência dos dados anuais, compreendido entre 1941 e 2003. Ainda, foram descartados os postos com um número inferior a três anos de dados em sequência, pois não seria possível a escolha de um período representativo, restando 739 localidades (possíveis de serem verificadas na Figura 9).

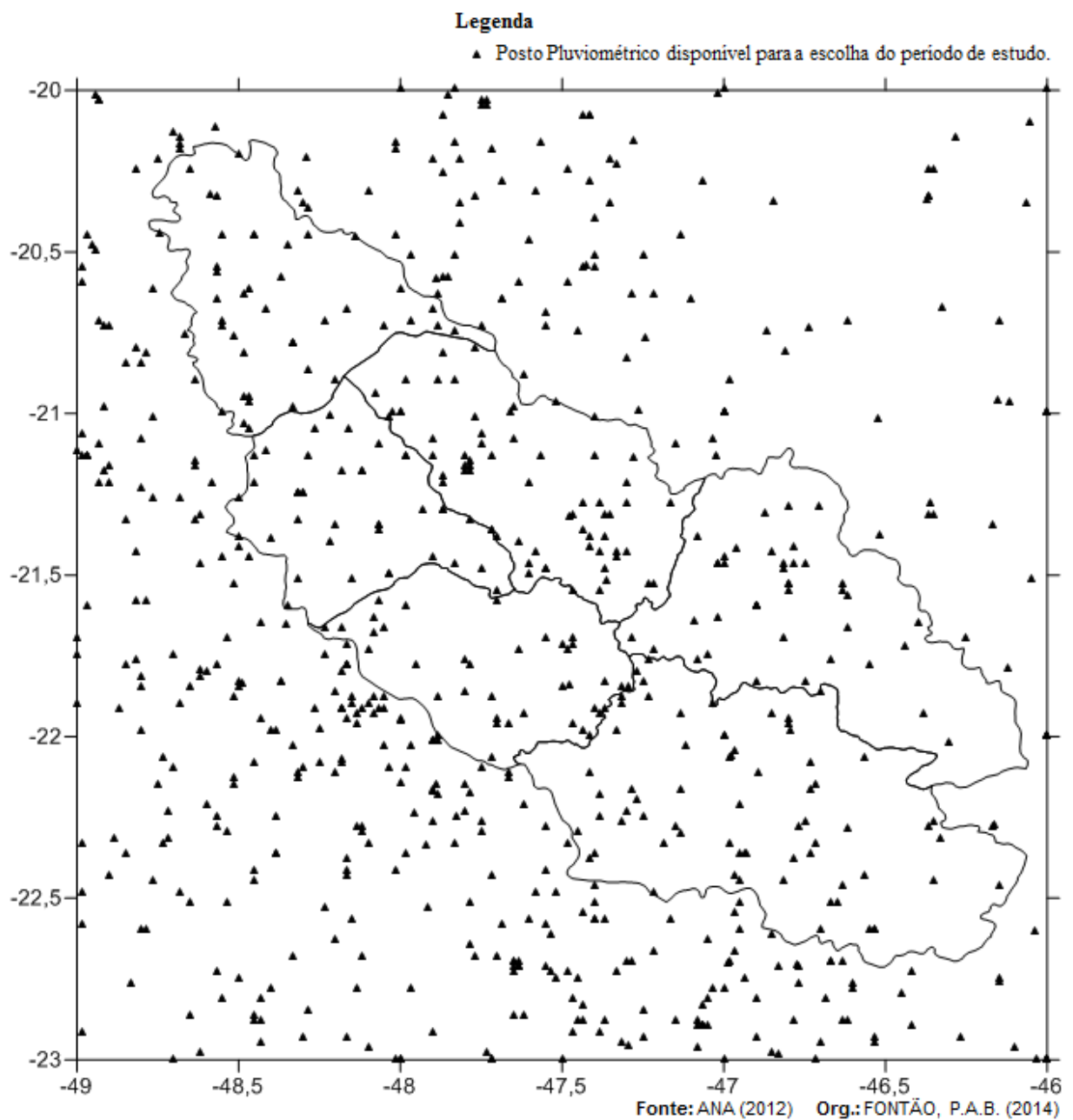


Figura 9 – Distribuição das 739 localidades disponíveis para a escolha do período de estudo.

No que tange à cobertura espacial dos dados, a pesquisa optou por uma distribuição que contemple a melhor distribuição geográfica possível nos seis compartimentos da bacia e, a partir do emprego de um critério temporal-espacial, obter um arco de tempo comum à maioria das séries ininterruptas obtidas, e o mais longo possível. Tal período deve contemplar, ainda, adjacências às usinas hidrelétricas e principais drenagens.

Ao comparar tais localidades com o período cronológico de ocorrência dos dados, é possível verificar que a maior inconsistência ocorre principalmente no Estado de Minas Gerais próxima às cabeceiras (Alto Pardo e Alto Mogi) e próximo ao rio Grande à jusante (Baixo Pardo). Na região central (Médio Pardo, Médio Mogi e Baixo Mogi), existem vários postos que contemplam longas séries ininterruptas no interior da bacia.

Uma análise criteriosa da série de dados, nos postos localizados no Alto Pardo, Alto Mogi e Baixo Pardo, permitiu constatar que a maioria das localidades apresenta dados inconsistentes e/ou ausência de postos até meados da década de 1960. Postos próximos à nascente do rio Mogi apresentaram séries temporais com grande número de inconsistências (falhas), dificultando a inclusão deste setor em um período temporal que integre toda a bacia de forma homogênea.

Assim, a série temporal foi definida com base no tempo, espaço e no projeto da pesquisa, contemplando a distribuição hidrográfica e das usinas hidrelétricas. Neste sentido, foi adotado o segmento de vinte e oito anos, compreendido entre 1967 - 1994, para o prosseguimento da pesquisa. Cabe ressaltar que, embora inferior ao recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), e não contemple uma das “Normais Climatológicas”, tal distribuição abrange o período cronologicamente homogêneo que melhor contempla os critérios adotados.

Ressalta-se que a escolha do ano de 1967 para iniciar a série de dados está relacionada ao início da série de diversos pluviômetros instalados na bacia, em específico em áreas pouco privilegiadas de dados. As falhas e inconsistências verificadas após o ano de 1994, em diversos pluviômetros, contribuíram na escolha deste ano para o encerramento da série histórica. A Figura 10 permite visualizar todos os 93 postos pluviométricos que possuem dados consistentes entre os anos de 1967 a 1994.

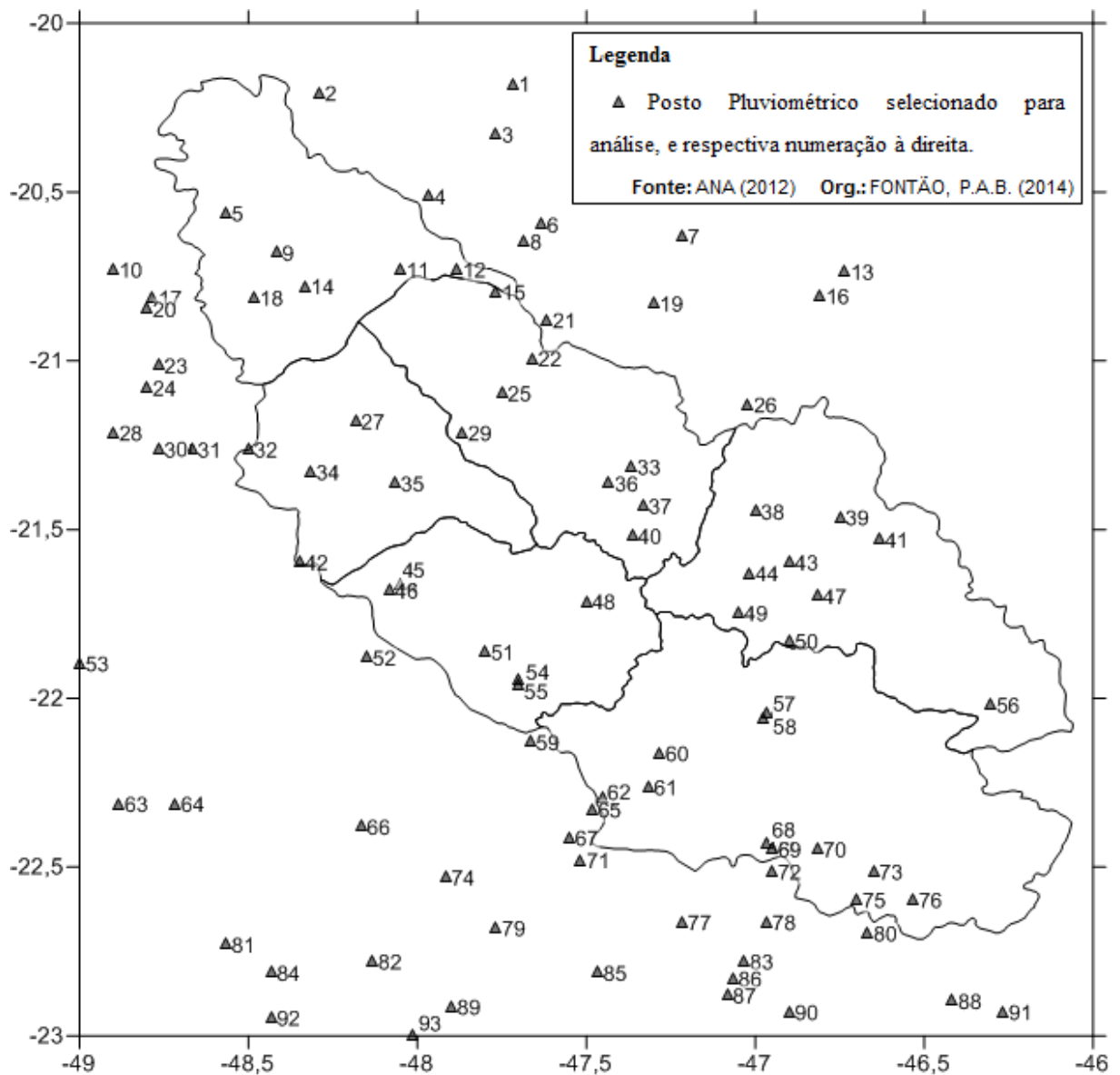


Figura 10 – Distribuição dos 93 Postos selecionados e respectiva numeração adotada.

A relação dos 93 postos pluviométricos selecionados pode ser observada na Tabela 2, contendo a respectiva numeração adotada no sentido noroeste – sudeste, nome do posto, latitude, longitude e altitude. Tal numeração não respeita necessariamente o código fornecido pela ANA, entretanto dá uma visão sequencial dos postos, ordenados pela sua localização geográfica (latitude e longitude).

Tabela 2 – 93 Postos pluviométricos selecionados e utilizados no estudo das chuvas (e respectiva numeração, nome, latitude, longitude e altitude).

Numeração	Cód. ANA	Nome do Posto	Latitude	Longitude	Altitude
1	2047008	BURITIZAL	-20,18	-47,72	840
2	2048004	FAZENDA SÃO DOMINGOS	-20,21	-48,29	520
3	2047067	ITUVERAVA	-20,33	-47,77	560
4	2047018	FAZENDA SANTA CECÍLIA	-20,52	-47,97	590
5	2048015	BARRETOS	-20,57	-48,57	520
6	2047058	SÃO JOSÉ DA BELA VISTA	-20,60	-47,63	740
7	2047020	ITIRAPUA	-20,63	-47,22	860
8	2047021	USINA DOURADOS (CPFL)	-20,65	-47,68	610
9	2048019	JABORANDI	-20,68	-48,42	500
10	2048047	OLÍMPIA	-20,73	-48,90	530
11	2048023	MORRO AGUDO	-20,73	-48,05	540
12	2047025	ORLÂNDIA	-20,73	-47,88	680
13	2046001	ITAÚ DE MINAS	-20,74	-46,74	-
14	2048020	TERRA ROXA	-20,78	-48,33	470
15	2047027	FAZENDA CONQUISTA	-20,80	-47,77	750
16	2046011	USINA SANTANA	-20,81	-46,81	880
17	2048026	FAZENDA NATA	-20,82	-48,78	560
18	2048027	FAZENDA MARAMBAIA	-20,82	-48,48	540
19	2047028	USINA ESMERIL	-20,83	-47,30	720
20	2048029	MONTE VERDE PAULISTA	-20,85	-48,80	600
21	2047029	BATATAIS	-20,88	-47,62	860
22	2047032	BRODOSQUI	-21,00	-47,66	848
23	2148002	PARAÍSO	-21,02	-48,77	590
24	2148005	PALMARES PAULISTA	-21,08	-48,80	520
25	2147004	CLUBE DE REGATAS	-21,10	-47,75	490
26	2147054	FAZENDA CARVALHAIS	-21,13	-47,02	873
27	2148116	SÍTIO SÃO SEBASTIÃO	-21,18	-48,18	490
28	2148012	ESTAÇÃO EXPERIMENTAL	-21,22	-48,90	520
29	2147006	RIBEIRÃO PRETO	-21,22	-47,87	500
30	2148015	SANTA SOFIA	-21,27	-48,77	570
31	2148017	FERNANDO PRESTES	-21,27	-48,68	550
32	2148016	MONTE ALTO	-21,27	-48,50	720
33	2147076	FAZENDA GRACIOSA	-21,32	-47,37	650
34	2148160	USINA SANTA ADÉLIA	-21,33	-48,32	550
35	2148020	PRADÓPOLIS	-21,37	-48,07	540
36	2147094	FAZENDA SÃO LOURENÇO	-21,37	-47,43	580
37	2147123	USINA AMÁLIA	-21,43	-47,33	580
38	2147023	MOCOCA	-21,45	-47,00	600
39	2146002	TAPIRATIBA	-21,47	-46,75	740
40	2147022	SANTA ROSA DO VITERBO	-21,52	-47,36	740
41	2146007	CACONDE	-21,53	-46,63	880
42	2148033	MATÃO	-21,60	-48,35	560
43	2146009	SÃO JOSÉ DO RIO PARDO	-21,60	-46,90	660
44	2147057	USINA LIMOEIRO	-21,63	-47,02	580
45	2148034	FAZENDA DOS ALPES	-21,67	-48,05	640
46	2148078	SANTA LÚCIA	-21,68	-48,08	700
47	2146010	SÃO SEBASTIÃO DA GRAMA	-21,70	-46,82	920
48	2147030	FAZENDA CASCATA	-21,72	-47,50	700
49	2147058	CASA BRANCA	-21,75	-47,05	670
50	2146011	VARGEM GRANDE DO SUL	-21,83	-46,90	750
51	2147059	USINA CAPÃO PRETO	-21,87	-47,80	610
52	2148061	USINA CHIBARRO (CPFL)	-21,88	-48,15	580
53	2148128	FAZENDA BARREIRINHO	-21,90	-49,00	450
54	2147037	FAZENDA MONTE ALEGRE	-21,95	-47,70	840
55	2147043	FAZENDA SANTA RITA	-21,97	-47,70	780
56	2246047	BEIRA DE SANTA RITA	-22,02	-46,30	1140
57	2246002	AGUAÍ	-22,05	-46,97	660
58	2246003	AGUAÍ	-22,06	-46,97	-
59	2247004	ANALÂNDIA	-22,13	-47,67	660
60	2247005	CRESCIUMAL	-22,17	-47,28	600
61	2247013	FAZENDA SANTA CRUZ	-22,27	-47,32	600
62	2247017	FAZENDA BELMONTE	-22,30	-47,45	720

Continuação da Tabela 2

63	2248015	GUAIANAS	-22,32	-48,88	480
64	2248014	BARRA MANSA	-22,32	-48,72	450
65	2247018	FAZENDA SÃO JOSÉ	-22,33	-47,48	600
66	2248045	PCH TRÊS SALTOS	-22,38	-48,17	720
67	2247020	RIO CLARO	-22,42	-47,55	600
68	2246104	MOJI-MIRIM	-22,43	-46,97	640
69	2246012	HORTO FLORESTAL	-22,45	-46,95	630
70	2246013	ITAPIRA	-22,45	-46,82	660
71	2247022	SANTA GERTRUDES	-22,48	-47,52	620
72	2246015	MARTIM FRANCISCO	-22,52	-46,95	590
73	2246016	LINDÓIA	-22,52	-46,65	680
74	2247025	SÃO PEDRO	-22,53	-47,92	600
75	2246019	SERRA NEGRA	-22,60	-46,70	940
76	2246017	SOCORRO	-22,60	-46,53	740
77	2247031	USINA ESTER	-22,67	-47,22	560
78	2246021	FAZENDA DA BARRA	-22,67	-46,97	570
79	2247032	ARTEMIS	-22,68	-47,77	470
80	2246022	MONTE ALEGRE DO SUL	-22,70	-46,67	750
81	2248026	SÃO MANUEL	-22,73	-48,57	710
82	2248028	ANHEMBI	-22,78	-48,13	480
83	2247041	FAZENDA MONTE D'ESTE	-22,78	-47,03	600
84	2248029	FAZ. S. J. MORRO VERMELHO	-22,82	-48,43	780
85	2247043	FAZ. BOM RETIRO (US. S. BARB)	-22,82	-47,47	600
86	2247042	BARÃO GERALDO	-22,83	-47,07	630
87	2247046	CAMPINAS - IA	-22,88	-47,08	710
88	2246035	VARGEM (US. FLORES - CPFL)	-22,90	-46,42	940
89	2247049	LARAS	-22,92	-47,90	470
90	2246037	USINA SALTO GRANDE (CPFL)	-22,93	-46,90	690
91	2246090	JOANÓPOLIS	-22,93	-46,27	920
92	2248042	BOTUCATU (SE - CESP)	-22,95	-48,43	873
93	2348003	CONCHAS	-23,00	-48,02	500

Fonte: ANA, 2012.

4.3.5. Correção e preenchimento das falhas

Na análise, optou-se pelo critério de utilizar postos com até 10 falhas em nível mensal, representados pelo número 1 e coloração amarelada (Apêndice A). É importante ressaltar que se trata de uma decisão empírica e que busca contemplar, ao menos, praticamente dois terços dos totais mensais com dados originais. Neste sentido, deixa-se de descartar postos que por algum motivo, seja a ausência do operador ou defeito no aparelho, teve pequenas interrupções em sua série histórica.

Desta maneira, desejando trabalhar com dados contínuos, adotou-se um padrão para preencher individualmente as lacunas em nível diário na série histórica (1967 – 1994) de cada um dos 93 postos selecionados: foi utilizada a técnica descrita por Bertoni e Tucci (2009, p. 183), que leva em consideração a média aritmética diária dos três postos mais próximos, alocados numa região climatológica semelhante e que dispõem dos dados no período faltante. Assim, visto que o valor original é irrecuperável, esta técnica tenta aproximar-se ao máximo possível da realidade.

A realização do procedimento exigiu, pelo menos, três estações pluviométricas próximas do local contendo a informação faltosa. A distância em relação ao posto foi possível obter através da latitude e longitude. Ainda, considerou-se a similaridade do relevo, através da altitude. Adotou-se para o preenchimento da lacuna a média aritmética do dado coletado nos três postos vizinhos.

Para diferenciar os meses e anos que tiveram ao menos um de seus dados diários tratados estatisticamente, adotou-se nas planilhas a fonte de cor vermelha, para todos os dados que passaram por correção.

4.3.6. Tratamento Estático dos dados

Uma vez escolhida a série temporal, homogênea para toda a área, iniciou-se a aplicação de técnicas quantitativas buscando avaliar o comportamento do clima através de um viés estático, ou seja, analisa de maneira descritiva e separada as variações anuais do elemento chuva. Porém, é importante aplicar e analisar tais técnicas com muito discernimento, e interpretar os resultados de modo realista e sem exageros, pois a explicação da gênese das chuvas é muito mais complexa que uma simples inferência estatística de dados pluviométricos.

Considerando tal ressalva, gerou-se uma planilha contendo os 93 postos distribuídos individualmente nas colunas, e toda a série histórica anual nas linhas logo abaixo para cada coluna, conforme exemplo da Figura 11, transcrevendo um trecho da planilha. Foram calculados / descritos para todas as 93 séries as seguintes medidas de tendência central, variabilidade e dispersão: média, valor máximo, valor mínimo, amplitude, mediana, desvio padrão (S) e coeficiente de variação (CV).

CHUVA ANUAL (mm)										
Ano	Posto Pluviométrico									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1967	1608,8	1339,0	1766,8	2037,7	1439,0	1620,5	1636,5	1669,3	1495,7	1409,5
1968	1297,6	1125,0	1105,8	1209,4	761,6	693,5	991,3	1050,9	729,5	863,5
1969	1402,5	998,0	1307,8	1311,6	755,5	1029,8	1415,3	1385,2	824,5	917,4
1970	1344,9	1290,0	1341,1	1614,4	1151,5	1387,3	1611,9	1330,2	1259,4	1247,3
1971	1476,6	1380,5	1571,5	1694,5	1415,1	1722,0	1563,9	1686,7	1473,5	1281,5
1972	1508,7	1812,5	1591,6	1873,2	1723,5	1919,9	1917,4	1722,0	1894,5	1608,8
1973	1823,9	1537,4	1635,1	1775,1	1439,7	1488,0	1458,4	1720,3	1356,4	1382,3
1974	1341,4	1391,1	1268,2	1552,9	1411,4	1386,6	1309,6	1553,9	1502,9	1363,7
1975	1520,4	1200,5	1588,8	1580,8	1248,5	1449,9	1390,1	1400,2	1377,1	1184,9
1976	2019,5	1801,1	2053,6	2152,5	1464,1	2010,8	1908,7	2104,1	1714,4	1545,3
1977	1516,2	1088,6	1373,0	1827,5	1078,5	1879,3	1489,7	1536,3	1091,4	1405,7
1978	1880,6	1411,4	1714,8	1988,2	1754,3	1622,8	1550,1	1485,1	1611,1	1674,9
1979	1612,7	1318,2	1423,6	1899,2	1369,1	1693,6	1598,0	1729,3	1430,0	1459,9
1980	2019,7	1475,0	1612,0	2008,7	1501,2	1785,1	1774,0	1697,3	1357,1	1437,7
1981	1583,2	1065,6	1426,6	1544,2	1218,3	1634,6	1796,7	1729,6	1452,4	1389,5
1982	1760,1	1597,6	1981,7	1973,0	1581,4	1907,0	1916,5	1793,1	1775,9	1599,1
1983	2294,7	1985,0	2268,1	2228,9	2030,9	2230,8	2478,2	2326,2	2191,5	2195,1
1984	1377,3	1375,0	1491,5	1403,6	1373,2	1472,2	1278,9	1481,0	1385,8	1356,1
1985	1788,2	1413,3	1562,9	1711,8	1408,7	1647,7	1385,1	1601,4	1273,5	1161,6
1986	1667,4	1122,5	1626,3	1414,4	1495,9	1509,0	1614,1	1427,2	1395,7	1184,6
1987	1904,7	1387,9	1387,2	1628,1	1452,4	1810,4	1479,7	1472,3	1364,6	1294,7
1988	1912,8	1417,8	1357,5	1406,9	1455,3	1402,1	1516,2	1470,2	1490,1	1158,4
1989	1737,7	1469,5	1806,8	1517,1	1391,7	1874,0	1703,3	1670,1	1581,2	1588,1
1990	1454,6	1175,3	1461,6	1343,3	1265,1	1478,3	1482,5	1633,2	1331,4	1598,5
1991	2266,8	1915,3	1812,0	1781,4	1628,4	1793,2	1831,3	1711,2	1737,0	1532,2
1992	2196,8	1469,5	1736,7	1710,3	1474,7	2037,8	2020,5	1659,7	1696,0	1274,4
1993	2264,3	1893,3	1456,7	1593,9	1260,9	1784,7	1581,6	1686,4	1379,0	1336,0
1994	1765,0	1225,1	1295,9	1375,5	1365,7	1186,6	1310,4	1396,4	1400,9	1255,2
MÉDIA	1726,7	1417,2	1572,3	1684,2	1389,8	1623,5	1607,5	1611,7	1449,0	1382,4
MÁXIMO	2294,7	1985,0	2268,1	2228,9	2030,9	2230,8	2478,2	2326,2	2191,5	2195,1
MÍNIMO	1297,6	998,0	1105,8	1209,4	755,5	693,5	991,3	1050,9	729,5	863,5
AMPLITUDE	997,1	987,0	1162,3	1019,5	1275,4	1537,3	1486,9	1275,3	1462,0	1331,6
MEDIANA	1702,6	1389,5	1567,2	1661,3	1413,3	1641,2	1572,7	1646,5	1415,5	1373,0
DESV. PADRÃO	294,6	261,5	253,2	263,2	255,9	315,8	281,3	233,6	285,5	248,0
COEF. DE VAR.	19,86%	17,63%	17,07%	17,74%	17,25%	21,29%	18,96%	15,74%	19,24%	16,72%
MÉD. BACIA	1483,5	1483,5	1483,5	1483,5	1483,5	1483,5	1483,5	1483,5	1483,5	1483,5

Figura 11 – Trecho da planilha contendo as chuvas anuais dos 93 postos e cálculos estatísticos.

Entre as medidas aplicadas, utilizaram-se funções do próprio *software Excel* para encontrar a média aritmética, valor máximo e mínimo, amplitude e mediana. O cálculo do desvio padrão (S) foi feito através da fórmula descrita por Gerardi e Silva (1981, p. 53), sendo para um resultado de “maior a dispersão ou a variabilidade, maior o desvio padrão”:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (y_i - M)^2}{n}}$$

S = desvio padrão.

Σ = somatório de todos os dados no período.

y = variável dependente (chuva).

M = média aritmética do y no período.

n = número de observações.

Porém, quando o intuito é comparar a variabilidade (ou dispersão) entre conjunto de dados (observações ou ocorrências) com médias bem diversas ou cujas unidades de medida são díspares, sugere-se o uso do coeficiente de variação (CV), pois trata de uma medida de dispersão relativa (ZAVATTINI e BOIN, 2013, p. 42). O cálculo é feito através da seguinte fórmula, sendo S = desvio padrão e X = média aritmética das chuvas, e dado em porcentagem: **CV = (S / X) . 100.**

A planilha contendo os dados anuais, e respectivas medidas calculadas, serviu de base para a aplicação de técnicas estatísticas mais complexas, do ponto de vista descritivo e/ou analítico, a citar: medidas de tendência e predição, distribuição da frequência (Intervalos de classes), superfícies de tendência e resíduos e interpolação (Isoietas).

A análise da tendência geral dos valores, em sequência temporal, foi feita através da reta de tendência obtida pelo método dos mínimos quadrados, procedimento já consagrado na literatura geográfica, descrito e aplicado por Zavattini e Boin (2013, p. 45-56). Tal método “procura minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre os valores observados e os valores correspondentes na linha de tendência” (CHRISTOFOLETTI, 1992, p. 93).

O método dos mínimos quadrados envolve, ao mesmo tempo, duas variáveis (no caso, tempo cronológico e chuva anual), e utiliza a seguinte fórmula para traçar a reta de tendência (ou regressão):

$$\hat{Y} = M + \left[\frac{\sum xy}{\sum x^2} \right] \cdot X$$

$\hat{Y}$ = equação da reta de tendência.
M = média aritmética de y no período.
x = variável independente (tempo).
y = variável dependente (chuva).

Para obter o desvio padrão dos resíduos ($S_{y.x}$), passo que antecede a obtenção dos limites de confiança hiperbólicos, e o coeficiente de determinação (R^2), empregado para verificar o ajustamento da reta de tendência, utilizaram-se as seguintes fórmulas:

$$S_{y.x} = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - 2}}$$

$\hat{Y}$ = equação da reta de tendência.
 M = média aritmética do y no período.
 y = variável dependente (chuva).
 n = número de observações.

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{Y}_i - M)^2}{\sum (y_i - M)^2}$$

Ainda, foram calculados os limites de confiança (L. Conf.) e predição (L. Pred.) a partir da reta de tendência, optando pela forma hiperbólica, mais adequada para a variável temporal. As formulas abaixo foram empregadas para calcular os limites de predição (Superior e Inferior) e o erro padrão das estimativas ($S_{\hat{Y}}$), passo que antecede (e possibilita) a obtenção dos limites de confiança (Superior e Inferior).

$$S_{\hat{Y}} = S_{y.x} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x - X)^2}{\sum (x_i - X)^2}}$$

x = variável independente (tempo).
 X = média aritmética do x no período.
 n = número de observações.
 t = valores críticos da distribuição (t de Student).

$$L. Conf. = S_{\hat{Y}} \cdot t(.05; n-2) \pm \hat{Y}$$

$$L. Pred. = \hat{Y} \pm t(.05; n-2) \cdot S_{y.x} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x - X)^2}{\sum (x_i - X)^2}}$$

A aplicação de todas as fórmulas citadas neste subitem foi feita através de planilhas em *Excel*, *software* também responsável por gerar todos os gráficos deste estudo. O valor de t , representativo dos “valores críticos da distribuição t de Student”, foi obtido através de uma tabela de estatística, sendo 2,048 para o nível de confiança de 95% para série de 28 anos (SIEGEL *apud* GERARDI e SILVA, 1981, p. 159).

Todo o tratamento estatístico, mencionado neste subitem, foi aplicado apenas aos totais anuais de chuva nesta etapa da pesquisa. Analisar este montante de dados acumulados, sazonalmente e/ou mensalmente, demandaria um esforço e consumo de tempo desnecessário à continuidade da pesquisa, em razão dos objetivos propostos. Tal tratamento anual justifica-se pela necessidade de selecionar os “anos-padrão” (chuvoso, habitual e seco), períodos estes que servirão para futuras análises mais detalhadas, em nível sazonal, mensal e diário, do ponto de vista estático e dinâmico (rítmico).

Neste sentido, do número total de observações em nível anual, foi feito um rol na ordem de grandeza crescente. Esta etapa demonstrou um baixo agrupamento natural dos

dados, resultado já esperado ao trabalhar com dados de chuva muito numerosos. Assim, Gerardi e Silva (1981, p. 34) afirmam que:

poderíamos fazer a divisão em classes, segundo o agrupamento natural, mas neste caso não teríamos, nem em progressão aritmética, nem em progressão geométrica, um tamanho regular de classes. Mas, a maior desvantagem do agrupamento natural é que, muitas vezes, é difícil ver onde fazer uma separação e o resultado é bem subjetivo, sem base científica. Cada pesquisador determinaria provavelmente um outro número de classes para o mesmo conjunto de dados originais. Assim, é mais aconselhável aplicar uma outra técnica para a divisão em classes.

Zavattini e Boin (2013, p. 36) ainda sugerem que, se forem rearranjados os dados e reduzidos em um certo número de classes, é provável que encontre frequência superior a 1 na maioria das classes. A definição dos intervalos de classes é propiciada a partir da identificação da amplitude total de variação (subtração do valor de chuva máxima à chuva mínima da série de dados), valores estes extremos e que ocorreram só uma vez em toda a série temporal.

Desta maneira, com o intuito de verificar a frequência das chuvas anuais, e estabelecer um parâmetro de comparação entre o habitual e o excepcional pluviométrico, foram definidos classes com intervalos previamente definidos. Diversas são as maneiras empíricas de se estabelecer intervalos de classe, partindo da amplitude total de variação das observações. Porém, preferiu-se estabelecer um critério com consistência científica, tendo sido adotado a fórmula de Sturges para sugerir o número de classes.

A técnica da fórmula de Sturges procura determinar um número razoável de classes, variando conforme o número de ocorrências e a extensão total dos referidos dados. É dada pela seguinte expressão, sendo **k** = número de classes, **n** = número de observações e **Log** é o logaritmo para a base 10:

$$k = 1 + 3,3 \cdot \text{Log } n$$

Os intervalos de classe sugeridos foram nomeados e classificados por cores empiricamente. As colorações foram distribuídas em uma planilha que contém os 93 postos e

respectivas séries anuais (APÊNDICE B). Tais resultados geraram uma planilha de frequência absoluta e foram espacializados a partir de material cartográfico, contribuindo para o procedimento de escolha dos “anos-padrão”.

4.3.7. Interpolação dos dados

O procedimento de interpolação aplica-se visando entender o comportamento espacial dos fenômenos. Para tanto, são inseridas as respectivas coordenadas geográficas (latitude e longitude) dos postos, e uma terceira variável, atributo da análise em foco. Tal variável representa o valor individual dos postos que se deseja especializar.

Para o mapeamento, se utilizou a Krigagem linear, um dos métodos de interpolação de dados do *software Surfer 11*. Procedimento este que permite a continuidade dos fenômenos no espaço, mesmo através das lacunas deixadas entre os pontos amostrais. Neste estudo, as cartas de “isolinhas” foram elaboradas para dados de chuva (mm), desvio padrão (mm), coeficiente de variação (%) e intervalos de classes.

A aplicação do método geoestatístico da Krigagem teve por objetivo sanar a distribuição irregular dos 93 postos e representar, graficamente, a variação espacial dos dados. Segundo Flores (2000, p. 105), a Krigagem:

é um processo de estimação de valores de observações distribuídas espacialmente, a partir de valores adjacentes. Este processo é semelhante ao da interpolação por média móvel ponderada, em que os pesos são determinados a partir de uma análise espacial, tendo como base o semivariograma experimental.

4.3.8. Processo de coleta dos dados meteorológicos e hidrológicos

Uma vez escolhidos os “anos-padrão” representativos dos ritmos habitual e excepcional (seco e chuvoso), o procedimento subsequente demanda a obtenção dos dados meteorológicos e hidrológicos para tais períodos anuais. Para tanto, foram levantadas as estações e postos meteorológicos existentes no interior da bacia hidrográfica e entorno, assim como UHEs e postos fluviométricos, tendo como critério inicial dados que contemplem necessariamente os três períodos anuais, em nível diário.

A escolha dos pontos de coleta demanda a disponibilidade de dados meteorológicos diários dos mais variados elementos climáticos, sendo minimamente as variáveis temperatura, precipitação, pressão atmosférica, umidade relativa e vento. Vale destacar que quanto maior a diversidade de informações e elementos coletados no posto, e de possível utilização na análise *rítmica*, melhor será para a identificação dos sistemas atmosféricos. Ainda, a localização geográfica dos pontos deverá contemplar uma boa distribuição na bacia, a fim de evidenciar a realidade existente nos diferentes compartimentos.

Da mesma maneira, os postos meteorológicos selecionados deverão estar preferencialmente no mesmo município dos pontos de coleta de dados fluviométricos ou, no mínimo, em localização geográfica próxima e com características topográficas semelhantes. Neste sentido, os dados fluviométricos deverão representar o fluxo original da vazão na drenagem e/ou dos reservatórios de Usinas Hidrelétricas. Para áreas sujeitas à ação da regularização de vazões (em específico, represamentos de UHE), coletaram-se dados diários de vazão natural, termo descrito e fornecido pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2013) para “identificar a vazão que ocorreria em uma seção do rio, se não houvesse as ações antrópicas na sua bacia contribuinte – tais como regularização de vazões realizadas por reservatórios”.

Seguindo as recomendações descritas, optou-se por utilizar para a coleta dos elementos climáticos os dados da Rede Hidrometeorológica do DAEE, rede que operou entre os anos de 1970 e 1995 medindo em escala diária diversos elementos climatológicos no estado de São Paulo, e apresenta boa distribuição geográfica na bacia e entorno e baixo índice de falhas. A identificação e coleta dos postos fluviométricos na área foi feita através do site da ANA, DAEE e ONS. A Figura 12 ilustra cartograficamente a distribuição dos postos.

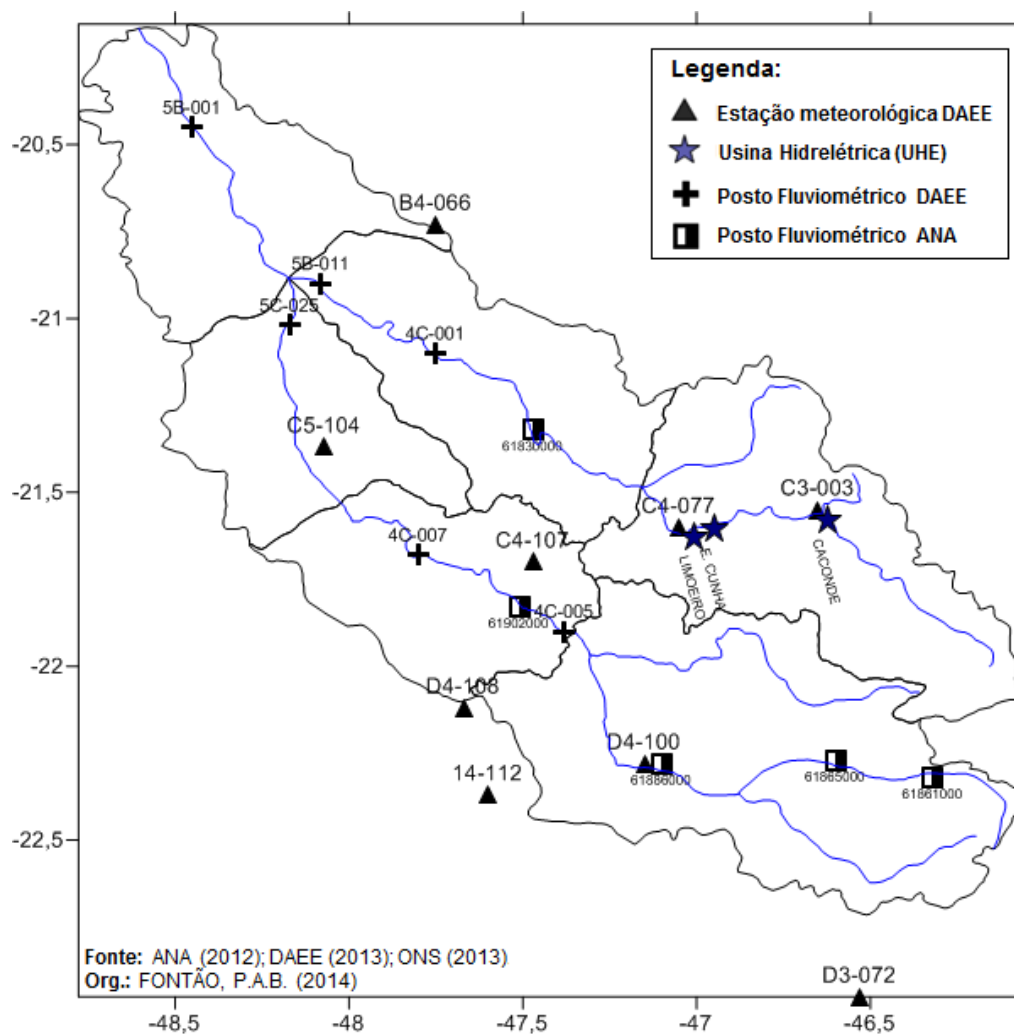


Figura 12 – Distribuição dos postos de coleta de dados meteorológicos e fluviométricos existentes na área.

A relação das nove estações meteorológicas e seis postos fluviométricos do DAEE, três Usinas Hidrelétricas (UHEs) de grande porte e longa série de dados e cinco postos fluviométricos sob responsabilidade da ANA pode ser observada na Tabela 3, contendo a respectiva numeração adotada pelo órgão responsável, município, latitude e longitude e.

Tabela 3 – Postos de coleta dos dados meteorológicos e fluviométricos na bacia e entorno (e respectiva numeração, município, latitude e longitude).

Código	Agência	Município	Lat.	Long.	Tipo	Rio
B4-066	DAEE	Nuporanga - SP	-20,73	-47,75	Estação meteorológica	-
C5-104	DAEE	Pradópolis - SP	-21,37	-48,07	Estação meteorológica	-
C3-003	DAEE	Caconde - SP	-21,57	-46,62	Estação meteorológica	-
C4-077	DAEE	Mococa - SP	-21,63	-47,02	Estação meteorológica	-
C4-107	DAEE	Sta Rita do P. Quatro - SP	-21,7	-47,47	Estação meteorológica	-
D4-108	DAEE	Analandia - SP	-22,12	-47,67	Estação meteorológica	-
D4-100	DAEE	Mogi Guaçu - SP	-22,28	-47,15	Estação meteorológica	-
14-112	DAEE	Rio Claro - SP	-22,37	-47,6	Estação meteorológica	-
D3-072	DAEE	Bragança Paulista - SP	-22,95	-46,53	Estação meteorológica	-

Continuação da Tabela 3

5B-001	DAEE	Guaira - SP	-20,45	-48,45	Posto fluviométrico	Pardo
5B-011	DAEE	Pontal - SP	-20,9	-48,08	Posto fluviométrico	Pardo
5C-025	DAEE	Pitangueiras - SP	-21,02	-48,17	Posto fluviométrico	Mogi
4C-001	DAEE	Ribeirão Preto - SP	-21,1	-47,75	Posto fluviométrico	Pardo
4C-007	DAEE	São Carlos - SP	-21,68	-47,8	Posto fluviométrico	Mogi
4C-005	DAEE	Pirassununga - SP	-21,9	-47,38	Posto fluviométrico	Mogi
Caconde	AES Tietê	Caconde - SP	-21,58	-46,62	Usina Hidrelétrica	Pardo
E. Cunha	AES Tietê	São José do Rio Pardo - SP	-21,60	-46,95	Usina Hidrelétrica	Pardo
Limoeiro	AES Tietê	São José do Rio Pardo - SP	-21,63	-47,01	Usina Hidrelétrica	Pardo
61830000	ANA	Serra Azul - SP	-21,32	-47,47	Posto fluviométrico	Pardo
61902000	ANA	Porto Ferreira - SP	-21,83	-47,47	Posto fluviométrico	Mogi
61865000	ANA	Jacutinga - MG	-22,27	-46,6	Posto fluviométrico	Mogi
61886000	ANA	Conchal - SP	-22,28	-47,13	Posto fluviométrico	Mogi
61861000	ANA	Inconfidentes - MG	-22,32	-46,32	Posto fluviométrico	Mogi

Fonte: DAEE, ONE e ANA, 2013.

A fim de contemplar uma boa distribuição geográfica na bacia, evidenciando a realidade existente nos diferentes compartimentos, optou-se por selecionar um total mínimo de três pontos de coleta e análise. Para tanto, escolheu-se empiricamente a estação meteorológica do DAEE C3-003, localizado no município de Caconde - SP no Alto Pardo, mesmo município da UHE Caconde, elegendo da mesma maneira a estação D4-100, localizado no município de Mogi Guaçu – SP, região do Alto Mogi e vizinho ao município de Conchal – SP, que está localizado o posto fluviométrico 61830000 - Pádua Salles da ANA. Ainda, foi selecionada a estação C5-104, localizada no município de Pradópolis – SP no Médio Mogi, local de características geográficas semelhantes e relativamente próximo aos municípios de Pitangueiras – SP e Pontal – SP, na qual estão localizados os postos fluviométricos 5B-011 e 5C-025 respectivamente, sob administração do DAEE e bem próximos à confluência dos rios Pardo e Mogi. A Figura 13 permite visualizar a distribuição dos pontos de coleta selecionados. Para facilitar o prosseguimento do estudo, os pontos de análise referidos serão denominados **Caconde**, **Mogi** e **Pradópolis**.

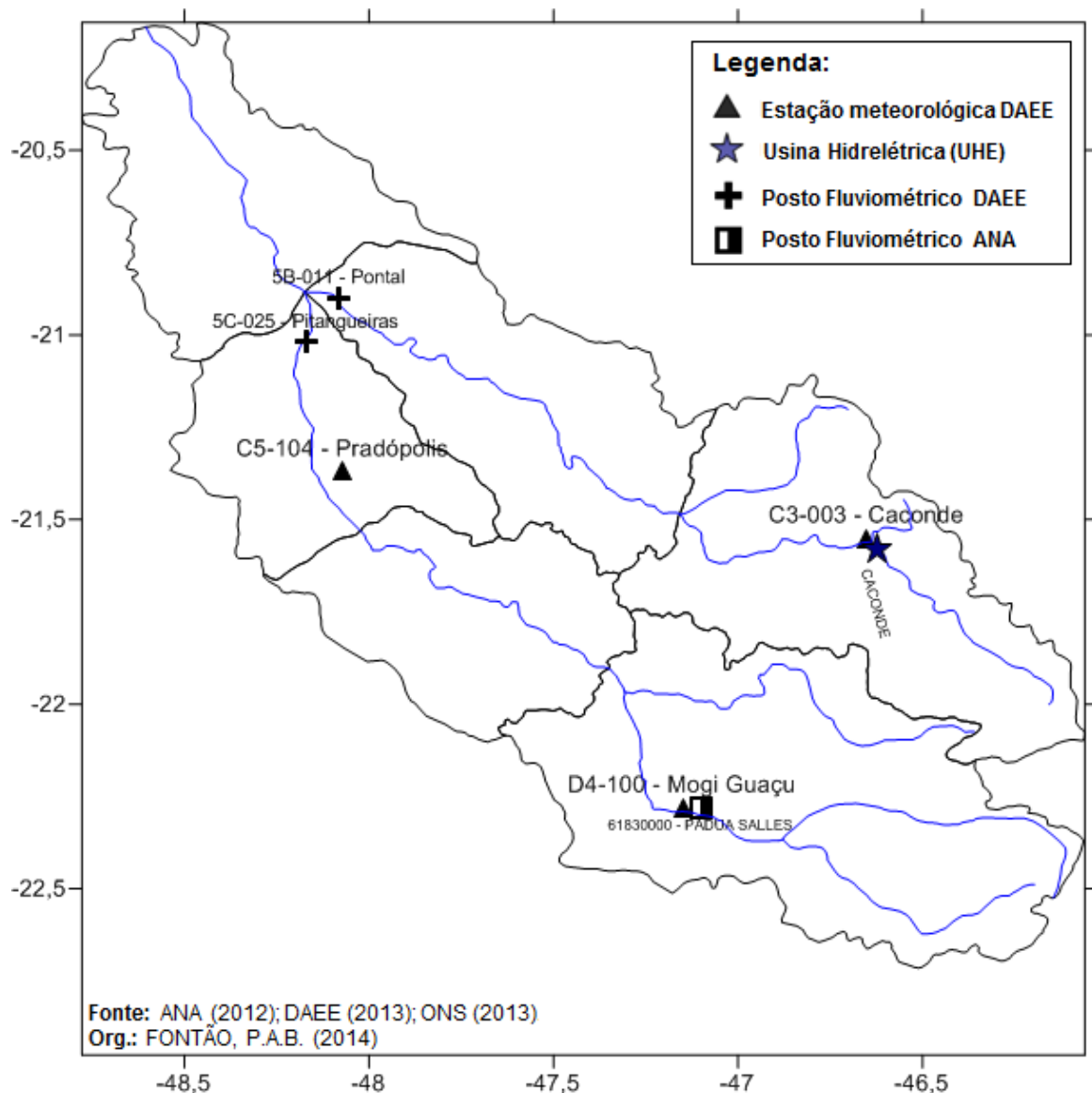


Figura 13 – Distribuição dos postos de coleta dos dados meteorológicos e fluviométricos selecionados para o estudo.

Para auxiliar na identificação dos sistemas atmosféricos atuantes, foram coletadas cartas sinóticas de superfície fornecidas pela Marinha do Brasil (2013) no horário das 9 horas (12:00 GMT) para todos os 1096 dias (3 “anos-padrão”) e imagens de satélite diárias fornecidas pela *National Climatic Data Center* da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2013), em diversos horários quando disponíveis e/ou existentes. A leitura e interpretação das isolinhas de pressão atmosférica das cartas sinóticas, bem como das nebulosidades nas imagens de satélites meteorológicos sobre o continente americano, contribuíram para o desenvolvimento da análise *rítmica*.

4.3.9. Tratamento Dinâmico dos dados

Em uma etapa posterior à identificação e escolha dos “anos-padrão” (chuvoso, seco e habitual, respectivamente), e ao processo de coleta dos dados meteorológicos e hidrológicos necessários à continuidade da pesquisa, a investigação passará a averiguar tais anos a partir de um tratamento dinâmico dos dados, analisando tais períodos em nível sazonal, mensal e diário, do ponto de vista da análise *rítmica* (MONTEIRO, 1971). À escala temporal diária de análise, serão associados dados climáticos, hidrológicos e cartas sinóticas (e imagens de satélite, quando existentes), tornando possível a identificação dos sistemas atmosféricos atuantes na escala diária e/ou horária, com os quais serão gerados os gráficos de “Análise Rítmica”.

Para tanto, foram geradas em *Excel* planilhas para cada um dos pontos de análise escolhidos (Caconde, Mogi e Pradópolis), e nelas produzidos os seguintes gráficos de distribuição diária dos elementos climáticos, um para cada “ano-padrão”: pressão atmosférica, em milibares (mb), às 9 horas, 15 horas e 21 horas (horário oficial de Brasília), temperatura do ar, em graus centígrados (°C), máximo, mínima e às 9 horas (horário oficial de Brasília), umidade relativa do ar, em porcentagem (%), às 9 horas, 15 horas e 21 horas (horário oficial de Brasília), precipitação, em milímetros totais diários (mm), insolação, em horas de sol diária (h), vento, em velocidade máxima diária (m/s) e respectiva direção, e vazão média diária, em metros cúbicos por segundo (m³/s). É importante ressaltar que o horário oficial de Brasília equivale a três horas menos que a hora de Greenwich (G.M.T.).

Uma vez obtidos os gráficos, tais representações foram exportadas para documentos em *PowerPoint*, plataforma que se mostrou eficiente para a manipulação dos mesmos, por se utilizar da mesma base operacional. Neste sentido, os gráficos foram alinhados em nível diário de dados permitindo uma associação rápida entre a dinâmica dos elementos climáticos. Assim, foram gerados nove arquivos contendo tais gráficos (APÊNDICES C a K), que foram impressos em folha no formato A3 (297x420mm), e associados à carta sinótica e imagens de satélite diárias, procedimento que tornou possível a identificação dos sistemas atmosféricos (massas de ar e frentes) atuantes na bacia do pardo.

Apesar da análise *rítmica* ser uma metodologia proposta inicialmente por Monteiro (1971; 1973), há uma divergência em trabalhos acadêmicos posteriores à sua proposição quanto à nomenclatura utilizada na identificação dos sistemas atmosféricos. Para não entrar na questão dos méritos acadêmicos, este estudo optou por utilizar a base proposta pelo autor e a

nomenclatura proposta por Zavattini e Boin (2013), por detalhar o avanço dos sistemas frontais e identifica os sistemas atmosféricos da seguinte maneira:

- **Sistemas Tropicais:** Massa Tropical Atlântica (**MTA**), Massa Tropical Atlântica Continentalizada (**MTAC**), Massa Tropical Continental (**MTC**), Linhas de Instabilidade em Massa Tropical (**LI**) e Massa Equatorial Continental (**MEC**).
- **Sistemas Polares:** Massa Polar Atlântica (**MPA**), Massa Polar Velha (**MPV**), Massa Polar Velha Continentalizada (**MPVC**).
- **Sistemas Frontais:** Frente Polar Atlântica (**FPA**), Frente Polar Reflexa (**FPR**), Frente Polar Atlântica em Dissipação (**DIS**), Repercussão da Frente Polar Atlântica (**REP**), Frente Polar Atlântica Estacionária (**EST**), Frente Polar Atlântica com Setor Quente de Retorno no Continente (**QTE**) e Frente Polar Atlântica Oclusa (**OCL**).

Para fins de análise, esses sistemas atmosféricos da América do Sul podem ser agregados da seguinte maneira:

- **Correntes do Sul:** MPA + MPV/MPVC + FPA eixo principal, em dissipação, oclusa, estacionária + FPR.
- **Correntes do Leste:** MTA + MTAC + LI + FPA com setor quente de retorno no continente + Repercussão da FPA.
- **Corrente do Norte:** MEC.
- **Corrente do Oeste:** MTC.

A partir desta nomenclatura adotada, e dos gráficos de “Análise Rítmica” elaborados, foi feita a análise da dinâmica atmosférica buscando identificar os sistemas atmosféricos atuantes em nível diário sobre a bacia, às 9 horas e 21 horas (horário oficial de Brasília).

Identificadas as massas de ar e sistemas frontais, resultando em diferentes tipos de “tempo” nos pontos analisados, gerou-se tabelas que somaram a atuação geral de cada um dos sistemas atmosféricos sazonalmente e mensalmente, calculando-se o índice de participação

para cada período. Conjuntamente, desenvolveram-se tabelas que somaram a ação específica exercida pela atuação de cada sistema atmosférico na geração (gênese) das chuvas e o volume gerado por eles, em milímetros. Tais valores foram sintetizados em gráficos de setores circulares, para fim de acompanhar e subsidiar a análise da dinâmica atmosférica e do panorama *rítmico* da bacia.

4.3.10. Análise da gênese das chuvas, cheias e estiagens

Dando sequência a pesquisa, buscou-se analisar o panorama para cada um dos anos excepcionais e habitual, a fim de identificar “sequências rítmicas” tidas como típicas na bacia, ou algum compartimento em específico, bem como aquelas que são esporádicas e/ou excepcionais. Assim, “sequências” habituais, geradoras de tipos de tempo quase sempre aguardados pela população residente na região, causam chuvas e vazões hídricas às quais a bacia está preparada e a população está habituada em seu imaginário. Entretanto, as “sequências rítmicas” excepcionais, geradoras de tipos de tempo predominantemente secos ou extremamente chuvosos, podem provocar transtornos (e eventuais tragédias) à população, ou seja, estiagens ou cheias.

Neste sentido, este estudo não pretende investigar a hidrologia e o comportamento da dinâmica fluvial em si, ou seja, analisar a vazão através de modelos hidrológicos e/ou estatísticos. Pretende, entretanto, verificar quais as cadeias de “tipos de tempo”, ou sequências *rítmicas*, que sucederam e provocaram tais episódios de cheias e estiagens em nível regional na bacia.

Uma vez que não existem dias definidos para a ocorrência de tais episódios, pois a sucessão dos estados atmosféricos é algo dinâmico, a investigação foi realizada em períodos que foram registrados “picos” de maior volume de vazão, em episódios de cheia, e longos períodos que se verificou a perda de volume sucessivo na vazão, em episódios de estiagens.

Partiu-se destes episódios para se realizar uma análise de forma qualitativa buscando identificar quais sistemas atmosféricos se sucederam anteriormente e durante tal período. A gênese destes episódios foi descrita, analisada e comparada entre os três pontos de investigação da chuva-vazão escolhidos na bacia, e a dinâmica verificada nos três “anos-padrão” selecionados. Tais resultados pretendem auxiliar na compreensão da dinâmica

climática regional e dos tipos de tempo mais propícios às ocorrências episódicas de excepcionalismo climático na região.

Por fim, ao descrever detalhadamente o clima de uma região, convencionou-se dividir o ano em quatro trimestres. Assim, com o objetivo de facilitar a separação sazonal, optou-se por não utilizar o calendário astronômico e dividir as estações do ano da seguinte maneira: Verão os meses de Janeiro, Fevereiro e Março (90 dias/91 dias), Outono os meses de Abril, Maio de Junho (91 dias), Inverno os meses de Julho, Agosto e Setembro (92 dias) e Primavera os meses de Outubro, Novembro e Dezembro (92 dias).

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

5.1. As chuvas anuais na bacia do Pardo

5.1.1. Distribuição temporal e espacial

Para analisar a distribuição do fenômeno pluviométrico na bacia, destaca-se a importância de associar e representar a variabilidade no tempo (cronológico) às variações no espaço, a partir de um viés temporal-espacial. Assim, os valores totais anuais dos 93 postos da área de estudo foram interpolados visando uma análise primária do comportamento das chuvas.

O valor da média geral das chuvas anuais encontra-se em destaque na Figura 14 para fins de comparação, pois se trata de uma medida de tendência central que se distancia da variabilidade real da bacia. Entretanto, serve de auxílio comparativo para visualizar o que seria o padrão anual das chuvas, evidenciando as maiores médias anuais na porção nordeste da bacia, atingindo valores superiores a 1.600 mm, além de valores superiores a 1.500 mm predominando na porção central (Médio Mogi / Médio Pardo) e extremo leste, próximos às principais nascentes e maiores elevações da bacia. As menores médias anuais alocam-se ao noroeste, próximas à jusante dos rios Pardo e Mogi sob domínio do Planalto Ocidental, destacando-se por apresentar valores inferiores a 1.400 mm, e ainda na porção sul da bacia, predominando valores inferiores a 1.500 mm nos setores mais rebaixados do relevo influenciados pelo compartimento da Depressão periférica Paulista a oeste do Alto Mogi e Alto Pardo.

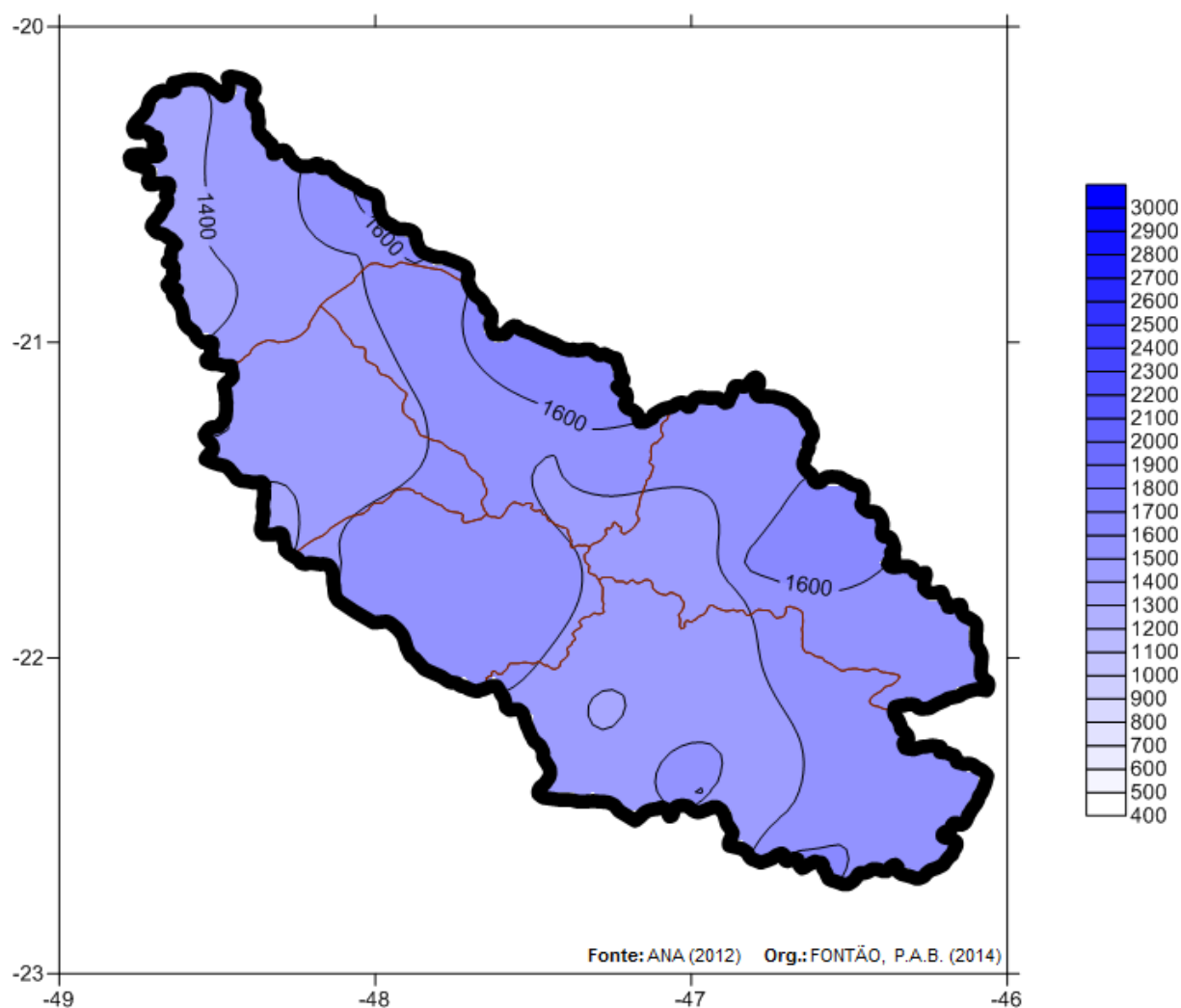


Figura 14 - Distribuição da chuva anual média na bacia do Pardo (1967 – 1994).

Dando sequência à análise, realizou-se a interpolação dos totais anuais de chuva para toda a série histórica de 28 anos (Figuras 15a, 15b e 15c). Tal procedimento permitiu uma visualização detalhada da distribuição espacial da pluviosidade ao longo da área e, observando a variação temporal, possibilitou a identificação prévia de anos mais chuvosos e secos, procedimento auxiliar para a identificação dos “anos-padrão”. A adoção de uma escala padrão na variação das cores e isoietas para todos os mapas, fixada em 100 mm, permite compará-los à média geral e a outros anos da série.

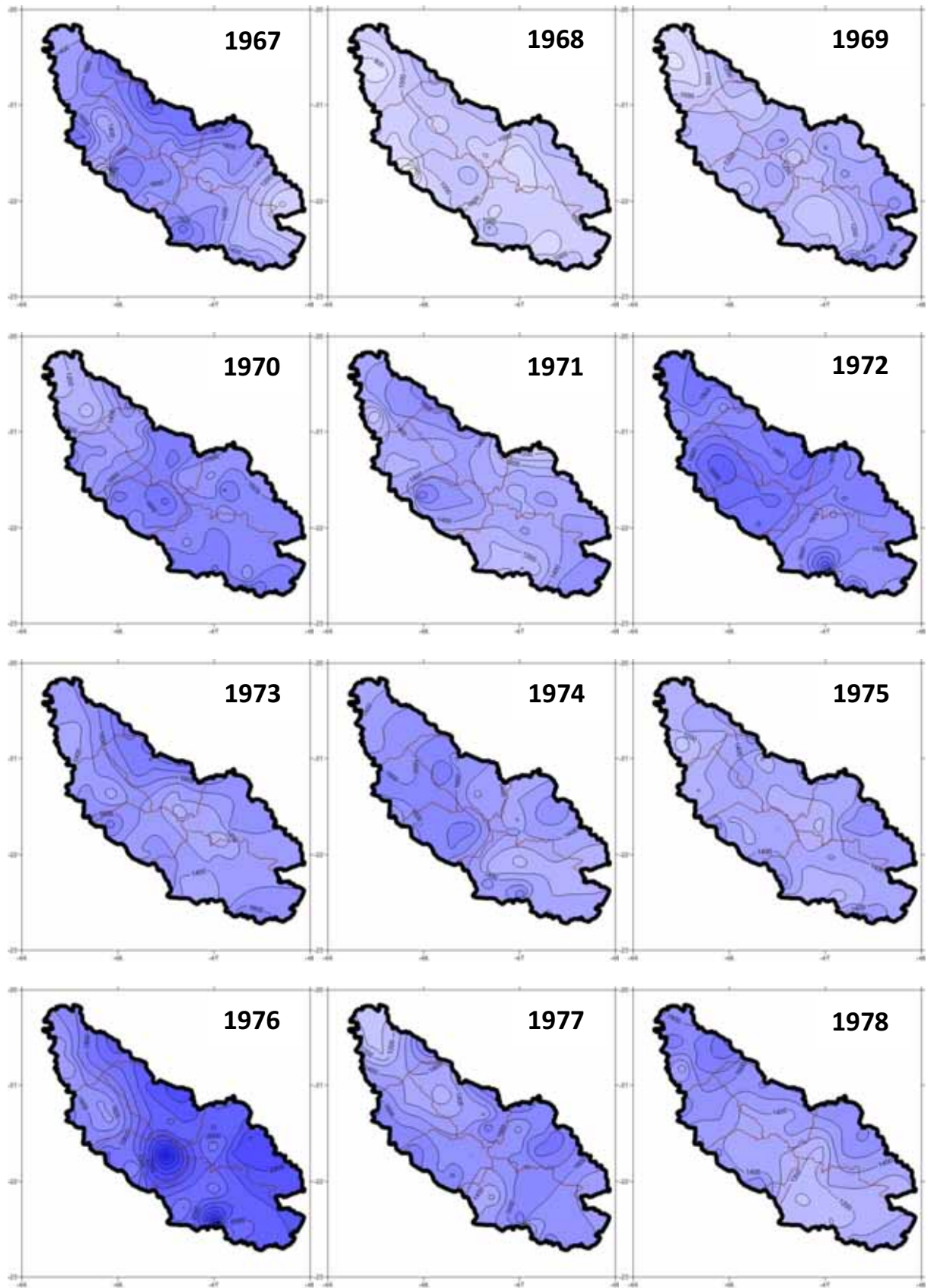


Figura 15a - Distribuição das chuvas anuais na bacia do Pardo (1967 – 1994).

Fonte: ANA, 2012. **Org.:** Fontão, P.A.B. 2014.

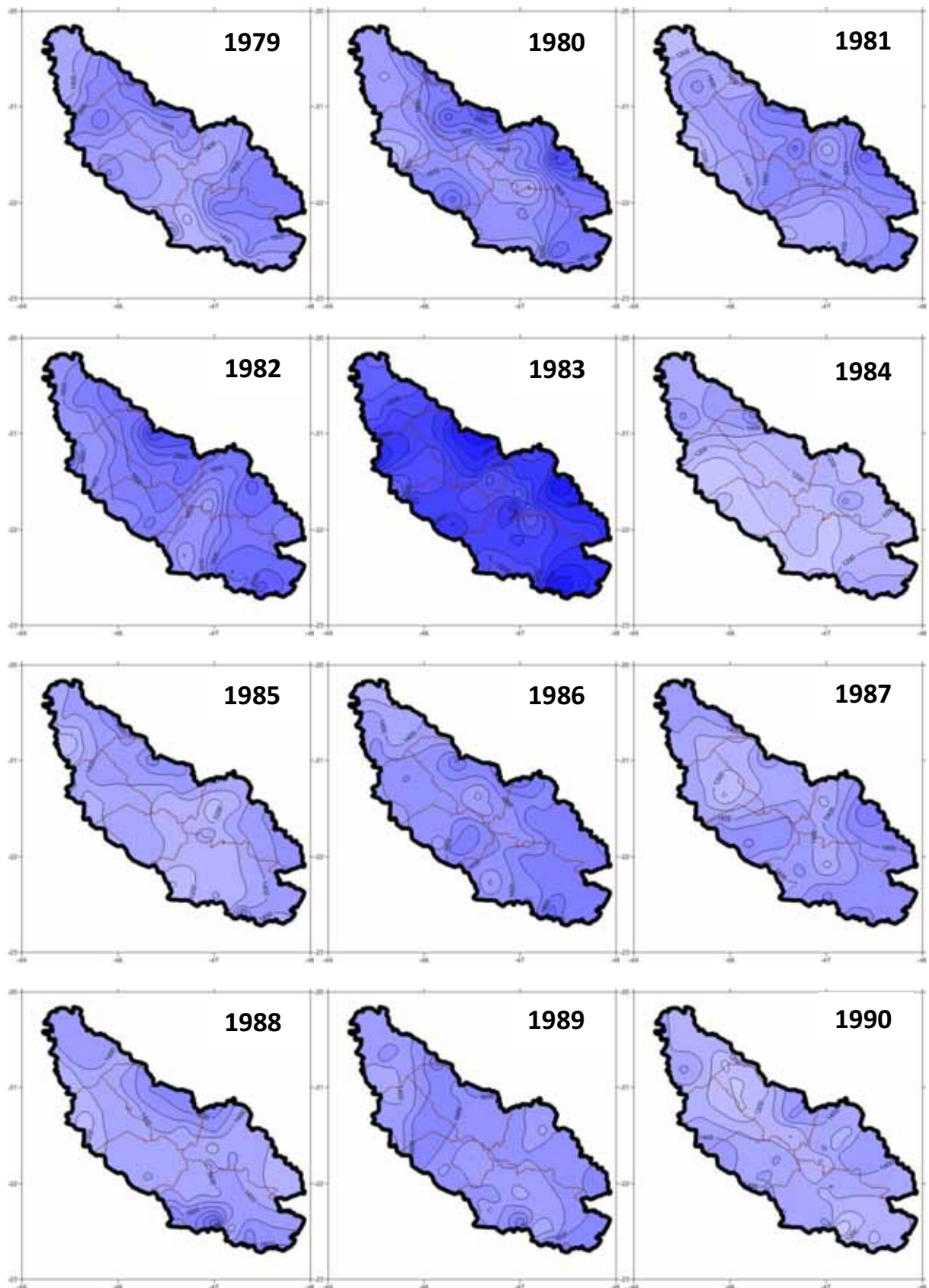


Figura 15b - Distribuição das chuvas anuais na bacia do Pardo (1967 – 1994).

Fonte: ANA, 2012. **Org.:** Fontão, P.A.B. 2014.

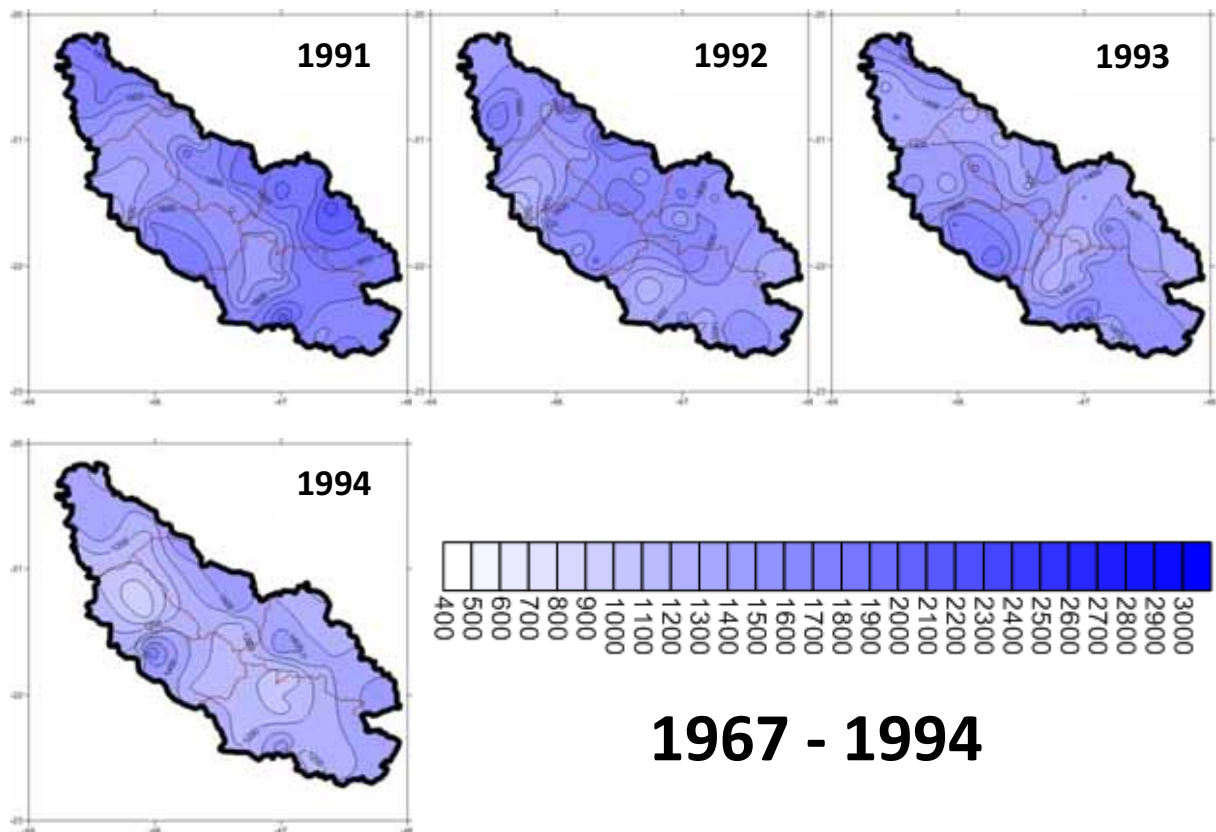


Figura 15c - Distribuição das chuvas anuais na bacia do Pardo (1967 – 1994).

Fonte: ANA, 2012. **Org.:** Fontão, P.A.B. 2014.

A análise da distribuição espacial das chuvas ao longo do tempo, a princípio, torna evidente a concentração do volume de chuvas anuais nas porções de maior elevação do relevo, em específico próximo à porção leste/nordeste da bacia, nos contrafortes da Mantiqueira. Tais características são evidenciadas por Monteiro (1973), mesmo em uma escala de análise mais abrangente. À nordeste dos setores Médio e Alto Pardo e leste do Alto Mogi e, ainda, na porção meridional do Médio Mogi, junto ao relevo de *Cuestas* no estado de São Paulo, foram observados os maiores volumes de chuva ao longo do tempo.

Duas áreas se destacam pelo predomínio de isolinhas representativas de um menor volume de chuvas, em relação ao seu entorno, advindas das regiões sul e oeste área de estudo. Uma das porções em destaque é a área mais rebaixada do Alto Mogi, a oeste de seu compartimento, com relevo aplainado característico da Depressão Periférica paulista. A outra área em evidência fica na região de menor altitude do relevo, próxima ao Planalto Ocidental à oeste do Baixo Mogi e Baixo Pardo, responsáveis por, em várias das cartas analisadas, apresentar o menor volume anual precipitado.

O ano de 1983 destacou-se como o mais chuvoso de toda a série, e apresentou volumes elevados de chuva distribuídos ao longo de toda a área, que superaram a casa dos 2.000 mm para todos os compartimentos da bacia. Neste ano, os volumes totais de chuva superaram os 2.700 mm nos compartimentos Alto e Médio Pardo. Os anos de 1976 e 1982 também apresentaram volumes de chuva elevados, porém não tão bem distribuídos quando o ano de 1983.

O ano de 1968 destacou-se como o mais seco de toda a série, tendo em vista os valores de chuva mais baixos em relação aos demais anos, com a ocorrência de valores inferiores a 900 mm nos compartimentos da bacia. Os anos de 1969 e 1984 também resultaram em volumes de chuva reduzidos, todavia não tão evidentes quando o ano de 1968.

5.1.2. Variabilidade e Dispersão

O cálculo do desvio padrão foi feito, de forma individual, para todos os anos do período 1967 - 1994 e para todos os postos pluviométricos. Desvios maiores em relação à média anual do conjunto representa uma maior dispersão (ou variabilidade) nos dados. Neste sentido, o valor resultante será em milímetros.

Para o desvio padrão calculado a partir das 93 variáveis pluviométricas em cada ano da série histórica, foram obtidos valores máximos nos anos de 1980 (266,78 mm), 1983 (249,72 mm) e 1976 (242,6 mm). Os valores mínimos prevaleceram nos anos de 1975 (137,6 mm), 1990 (147,36 mm) e 1968 (149,4 mm). Tais valores estatísticos podem ser consultados através do Apêndice B, tabela que apresenta ainda os totais anuais de cada posto e cálculos estatísticos.

Para o desvio padrão calculado individualmente em cada posto pluviométrico, a partir da variável de 28 anos na série, foram obtidos valores máximos nos postos 28 – Estação Experimental (422,2 mm), 19 – Usina Esmeril (414,9 mm) e 68 – Moji Mirim (409,0 mm). Os valores mínimos prevaleceram nos postos 42 – Matão (233,5 mm), 8 – Usina Dourados (CPFL) (233,5 mm) e 20 – Monte Verde Paulista (237,6 mm). Os valores resultantes de cada posto foram interpolados, e podem ser visualizados na Figura 16.

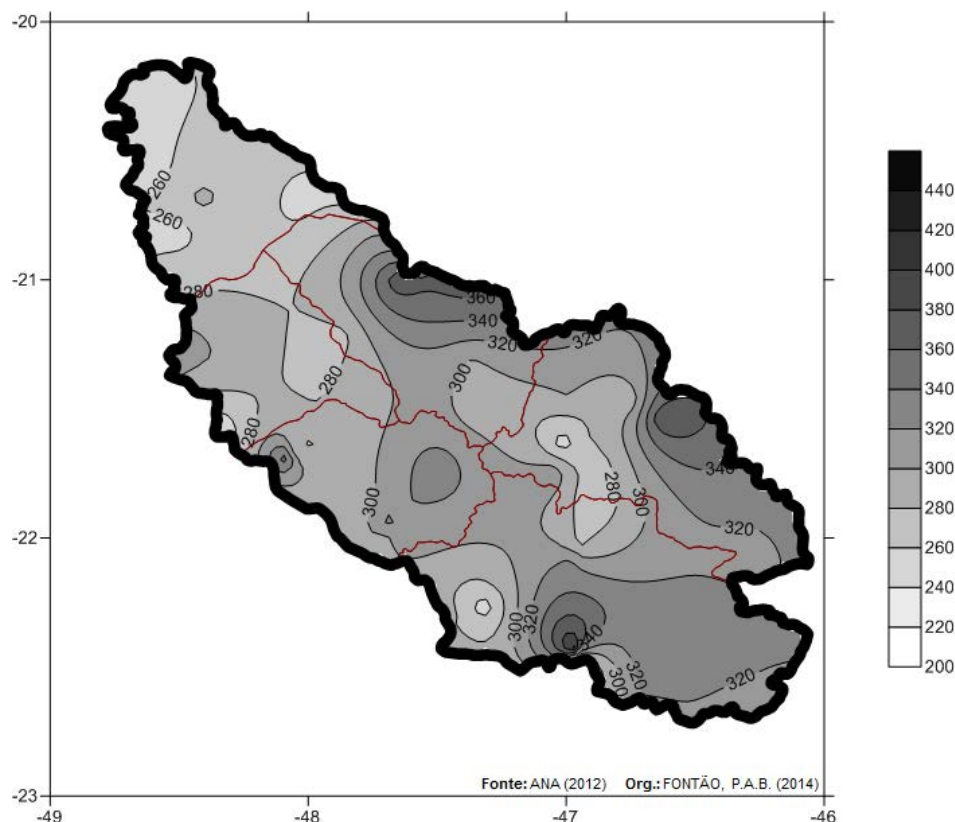


Figura 16 - Distribuição do desvio padrão (mm) na bacia do Pardo (1967 – 1994).

A visualização do desvio padrão da média histórica, em material cartográfico, permitiu constatar valores mais elevados na porção setentrional dos compartimentos Alto e Médio Pardo e sul/sudeste do Alto Mogi. Os menores desvios em relação a média aconteceram próximos à jusante, no Baixo Pardo, e na porção mais rebaixada à oeste dos compartimentos Alto Mogi e Alto Pardo. Apesar de apresentar um resultado semelhante à distribuição das chuvas anuais, no entanto, deve-se ter muito discernimento para analisar os resultados, uma vez que os desvios são calculados a partir do emprego da média estatística generalizada, tanto da série do posto quanto dos valores de determinado ano.

O cálculo do coeficiente de variação foi realizado segundo metodologia previamente descrita. Ressalta-se que valores elevados (ou reduzidos) de coeficiente de variação não estão necessariamente relacionados diretamente a altos (ou baixos) valores de desvio padrão. Isso ocorre, pois o intuito do coeficiente é comparar a variabilidade entre conjuntos de dados com médias bem diversas (ou unidades de medida díspares), ou seja, uma medida de dispersão relativa, com valores dados em porcentagem.

Feito tal ressalva, a aplicação do coeficiente de variação para os dados dos 93 postos em cada ano da série histórica apresentou a distribuição possível de se visualizar na Figura 17.

Os valores máximos ocorreram nos anos de 1980 (17,98%), 1983 (16,83%) e 1976 (16,35%), assim como os mínimos, 1975 (9,28%), 1990 (9,93%) e 1968 (10,07%), respectivamente. Os valores para toda a série podem ser consultados no Apêndice B.

O coeficiente de variação calculado individualmente em cada posto, a partir da variável de 28 anos na série, apresentou resultados semelhantes em alguns casos ao desvio padrão, coincidindo postos com valores máximos e mínimos. Os valores máximos ocorreram nos postos 28 – Estação Experimental (28,46%), 19 – Usina Esmeril (27,97%) e 68 – Moji Mirim (27,57%). Os valores mínimos prevaleceram nos postos 42 – Matão (15,74%), 8 – Usina Dourados (CPFL) (15,74%) e 20 – Monte Verde Paulista (16,02%). Os valores resultantes de cada posto foram interpolados, e podem ser visualizados na Figura 16.

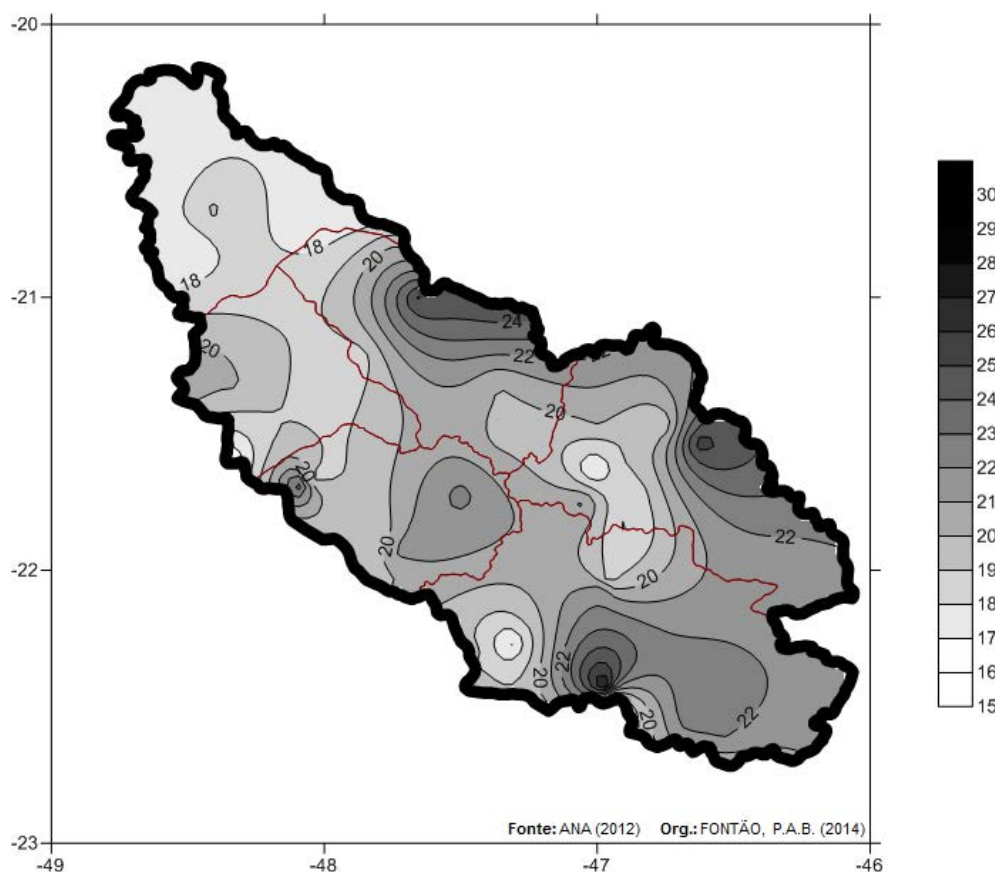


Figura 17 - Distribuição do coeficiente de variação (%) na bacia do Pardo (1967 – 1994).

A Figura 17 apresentou características e distribuição semelhantes à da Figura 16, resultante da interpolação do desvio padrão. Assim, os valores mais elevados aparecem à nordeste do Alto Pardo, norte do Médio Pardo e sul do Alto Mogi. As menores porcentagens foram registradas no Baixo Pardo e à oeste dos Alto Pardo e Mogi, na região de domínio da

depressão periférica paulista destes setores. Novamente, deve-se ter muito discernimento para analisar os resultados, uma vez que os coeficientes de variação são calculados a partir do emprego da média estatística generalizada, tanto da série do posto quanto dos valores de determinado ano.

5.1.3. Tendências e Predição

Na análise da tendência e predição das séries temporais, evidenciando a evolução temporal dos valores totais de chuva para pontos representativos da superfície da bacia e seu entorno, foi utilizado o método dos mínimos quadrados, procedimento já detalhado neste estudo. Para tanto, a Figura 18 abaixo exemplifica a aplicação do método na média geral das chuvas na bacia, para fins de comparação. Nela, é possível verificar a Equação da reta ($y = 2,096.x + 1483,5$) e coeficiente de determinação ($R^2 = 1,85\%$), além da Reta de tendência (R. Tendência), limites de confiança (L. Conf.), positivo e negativo, e limites de predição (L. Pred.), positivo e negativo.

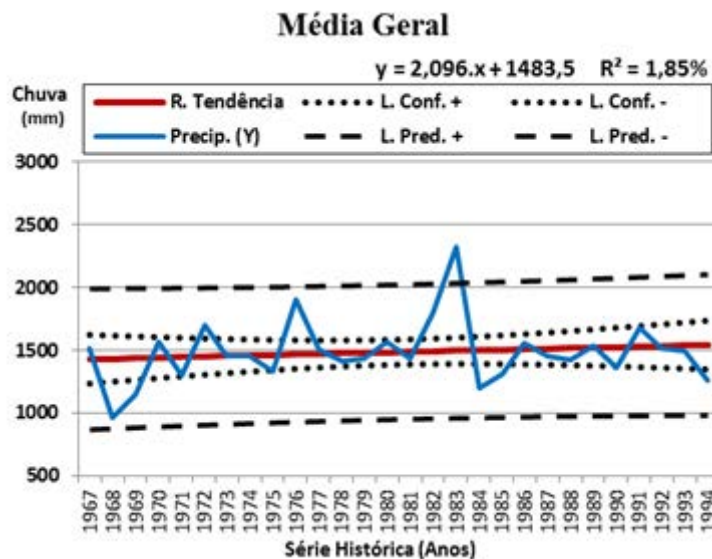


Figura 18 – Reta de tendência, limites de confiança e de predição para a Média Geral das chuvas.

Organização: FONTÃO, P.A.B. (2014)

Embora a reta de regressão tenha apresentado uma tendência crescente, é possível observar que, ao longo da série de vinte e oito anos, onze deles extrapolam os limites de confiança da reta: quatro anos, o limite máximo (1972, 1976, 1982 e 1983), e sete anos, o

limite mínimo (1968, 1969, 1975, 1984, 1985, 1990 e 1994). Ainda, um ano em específico (1983) extrapola o limite de predição positivo, evidenciando o excepcionalismo deste ano. Essa forte variabilidade interanual das chuvas médias na bacia pode ser captada pelos limites de predição mínimos (entre 865,8 e 978,9 mm) e máximos (entre 1988,1 e 2101,3 mm), que evidenciam uma amplitude pluviométrica bastante elevada, característica desta região.

A princípio, ao analisar a Figura 18, pode-se tirar uma conclusão primária (e precipitada) da tendência de acréscimo das chuvas anuais na área, a partir da série histórica, compreendida entre os anos de 1967 a 1994. Porém é importante ressaltar que o volume anual de chuva utilizado é resultante de uma medida de tendência central, obtido estatisticamente a partir de 93 variáveis, não distribuídas de forma homogênea no espaço. Tal medida aplicada a uma área extensa e de características geográficas heterogêneas, se torna insuficiente para expor as diferentes realidades existentes nos compartimentos da bacia.

Partindo deste princípio e considerando que, na Geografia, muitas vezes os valores são relacionados a áreas, é importante verificar cartograficamente o comportamento dos valores reais, seja acima da predição ou abaixo da predição. Segundo Gerardi e Silva (1981, p. 96), “a carta mostraria claramente onde temos valores reais acima da predição, abaixo ou onde a predição corresponde à realidade”.

Neste sentido, foi feita a aplicação da reta dos mínimos quadrados em dezoito postos localizados na área de estudo, entre eles doze no interior da bacia e seis nas proximidades (Figura 19). A escolha dos postos não foi aleatória, adotando-se os seguintes critérios: dois para cada um dos compartimentos da bacia, privilegiando sua localização distante um do outro, e que não necessitaram de complementação de falhas, prevalecendo o dado original. Ainda, foram escolhidos seis postos no entorno, adotando-se os mesmos critérios, porém próximos ao limite da bacia.

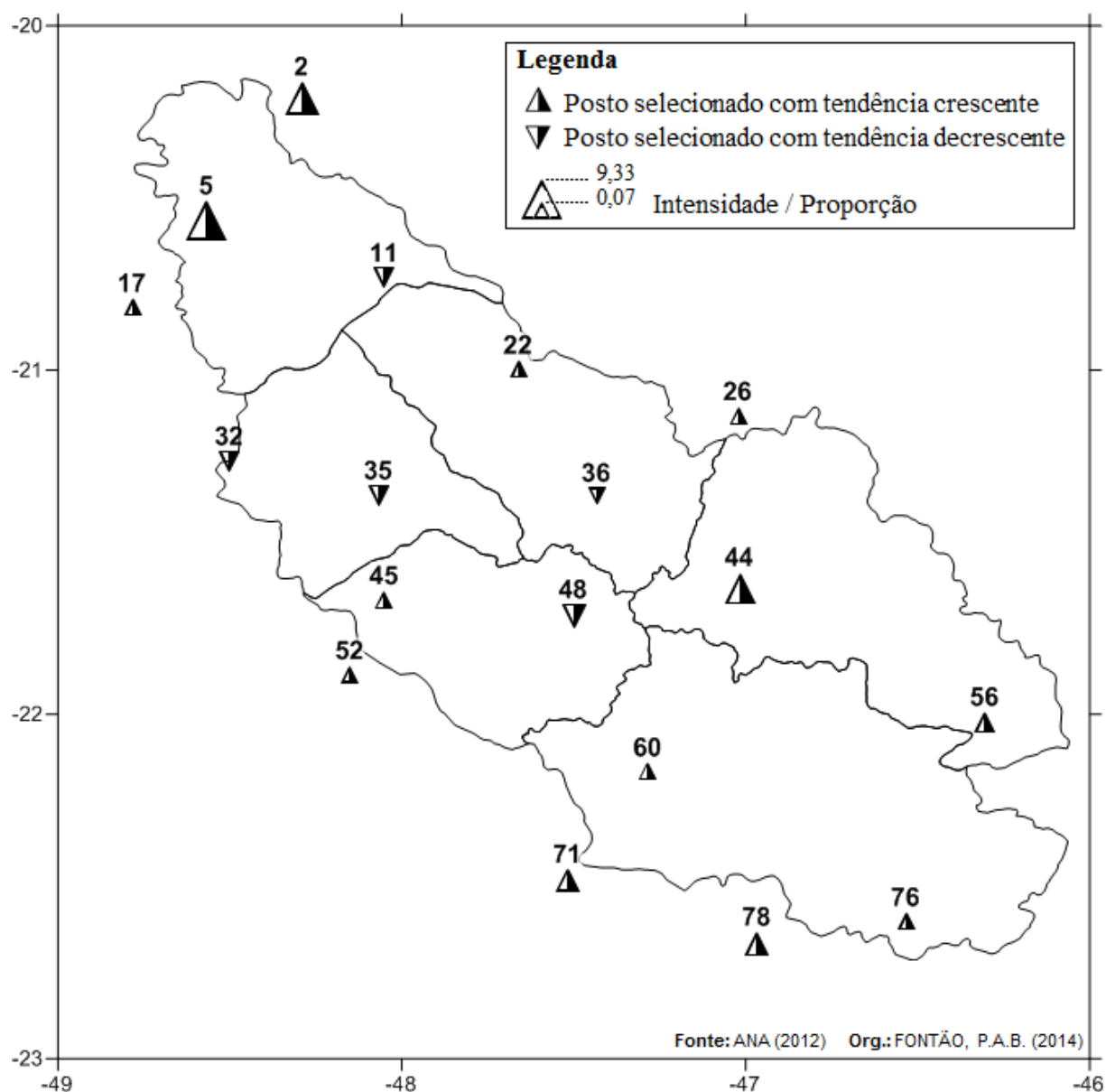


Figura 19 – Postos selecionados para a aplicação do método dos mínimos quadrados, limites de confiança e predição, e respectiva tendência.

Da observação da Figura 19, é possível notar uma boa distribuição dos postos selecionados, que buscou contemplar os diversos setores e particularidades da bacia. É importante ressaltar que se optou por manter a numeração original dos postos conforme a Tabela 2, anteriormente apresentada, pois criar uma nova numeração poderia causar eventual desorientação na pesquisa como um todo.

As Figuras 20a, 20b e 20c apresentam os dezoito gráficos gerados para a análise da tendência e predição de cada um dos postos selecionados, e suas respectivas equações da reta, coeficiente de determinação, limites de confiança e de predição.

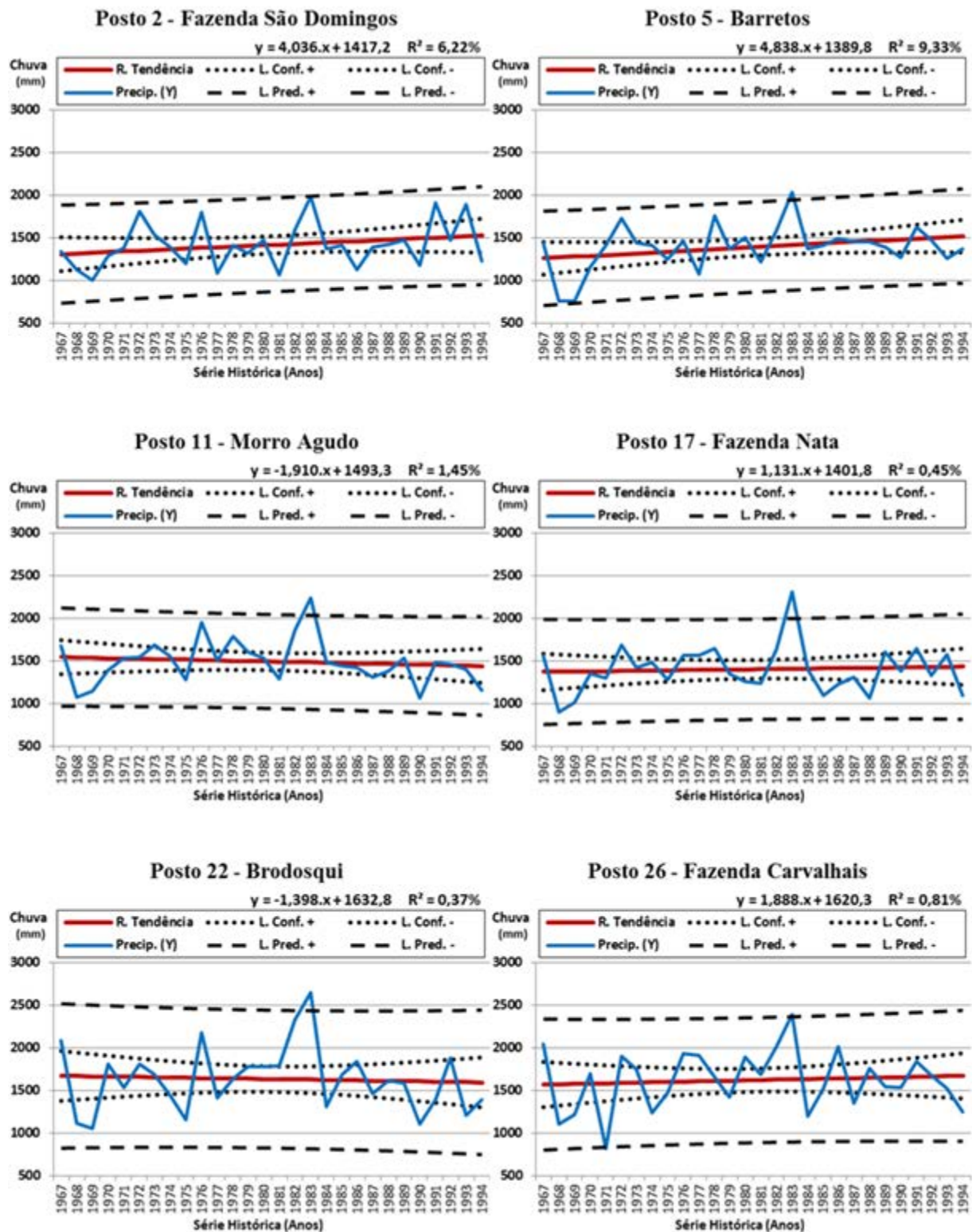


Figura 20a - Retas de tendência, limites de confiança e de predição para os 18 postos selecionados.

Organização: FONTÃO, P.A.B. (2014)

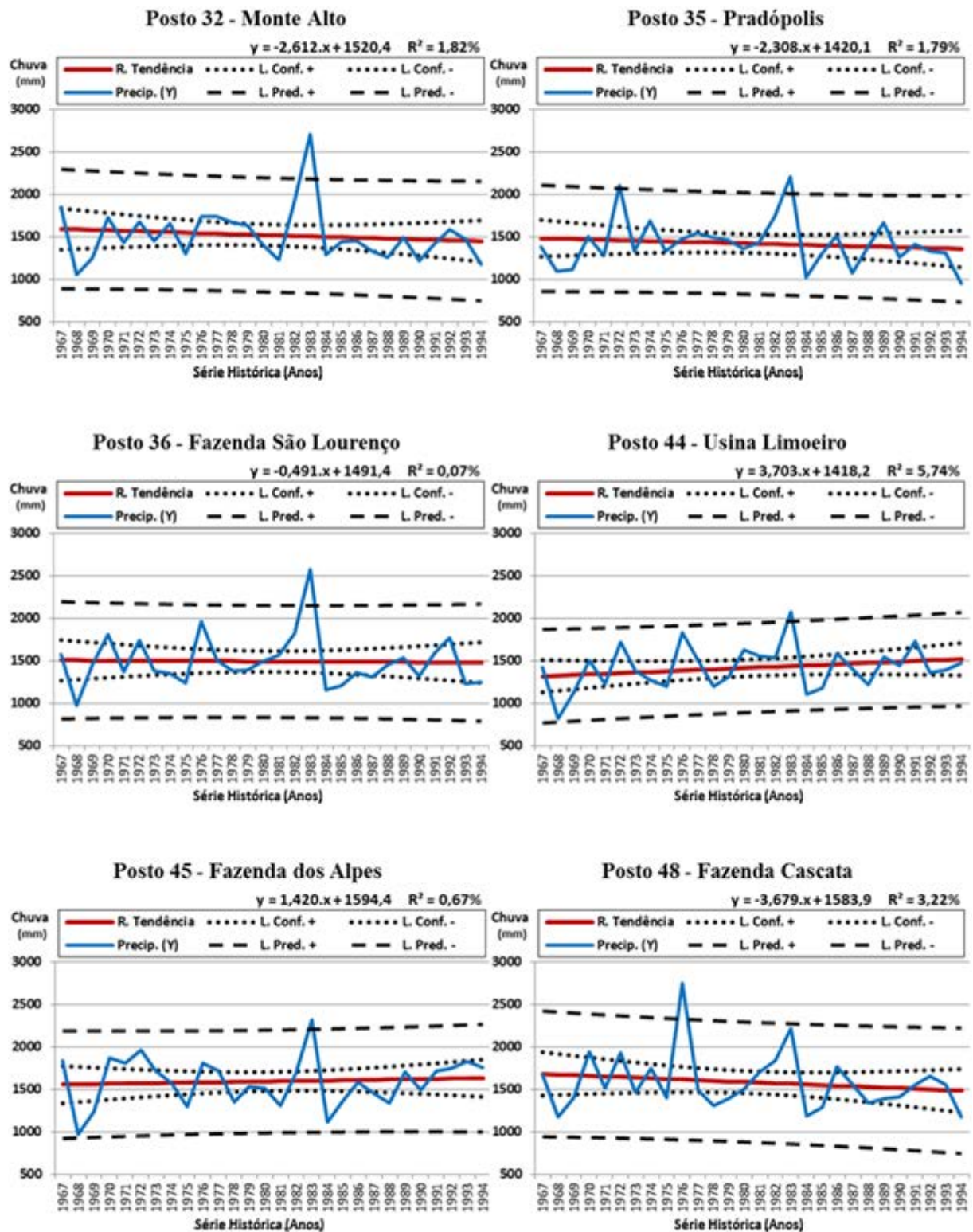


Figura 20b - Retas de tendência, limites de confiança e de predição para os 18 postos selecionados.

Organização: FONTÃO, P.A.B. (2014)

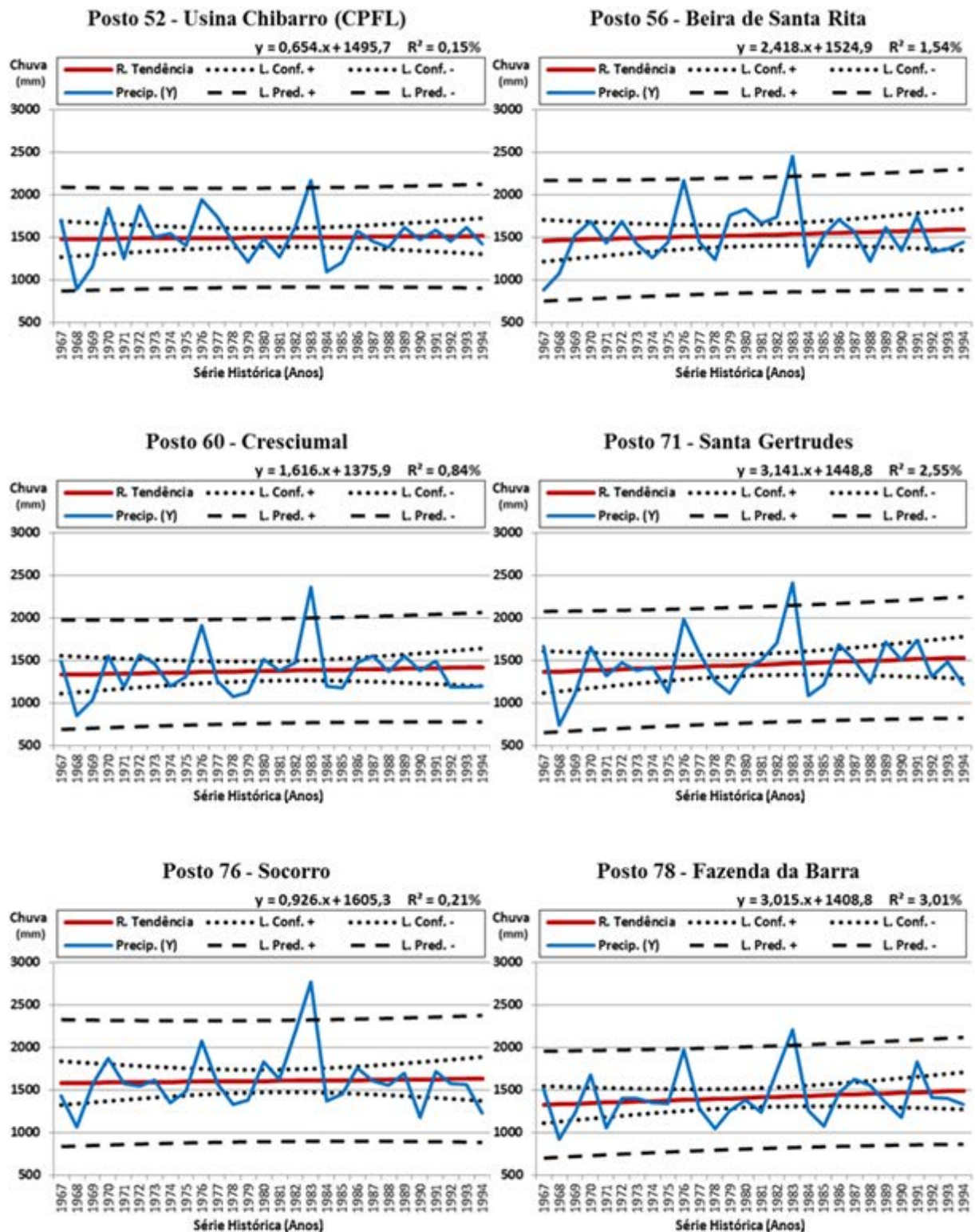


Figura 20c - Retas de tendência, limites de confiança e de previsão para os 18 postos selecionados.

Organização: FONTÃO, P.A.B. (2014)

A partir da análise dos dezoito gráficos que mostram as retas de tendências e seu mapa de espacialização (Figuras 19, 20a, 20b e 20c), foi possível verificar doze retas de tendência crescente (Postos 2, 5, 17, 26, 44, 45, 52, 56, 60, 71, 76 e 78) e seis de tendência a decréscimo (Postos 11, 22, 32, 35, 36 e 48). Contrariando a média geral (Figura 18), verifica-se que a terça parte do número total de tendências analisadas é negativa.

As retas, a princípio, não apresentaram um comportamento estatístico capaz de auxiliar na definição de um padrão geral na bacia como um todo. Todavia, considerando a distribuição espacial dos postos na área, conforme situados na Figura 19, e tendência e o coeficiente de determinação apresentados nas Figuras 20a, 20b e 20c, pode-se observar a seguinte decomposição:

- a) Tendência ao **acréscimo** no volume de chuvas anuais nos setores sul – leste da bacia, abrangendo os compartimentos Alto Pardo e Alto Mogi. Ainda, apresenta uma elevada tendência no setor próximo à jusante (foz do Rio Grande), localizado ao norte do Baixo Pardo.
- b) Tendência ao **decréscimo** no volume de chuvas anuais na porção Central da bacia, região que envolve os compartimentos Médio Pardo, Médio Mogi, Baixo Mogi e região mais elevada à sudeste do Baixo Pardo.

O ano de maior pluviosidade, dos dezoito gráficos visualizados, foi o de 1983, que chegou a superar o limite máximo de confiança em todos os gráficos e a superar o limite máximo de predição em dezesseis casos, não superando somente nos postos 2 e 48. Tal período, por estar incluído na segunda metade da série, pode ter contribuído para a tendência positiva de alguns postos. Ainda, ressalta-se a alta pluviosidade observada nos anos de 1972, 1975 e 1982, que em diversos ensaios extrapolam o limite máximo de confiança, e se aproximam do limite máximo de predição, extrapolando-o em alguns casos (Posto 35, ano de 1972 e Posto 48, ano de 1976).

A baixa pluviosidade nos anos de 1968 e 1969 (e 1967 em alguns postos em específico), ocorrida no início da série temporal empregada, pode ter colaborado para que a tendência pluviométrica de alguns postos fosse positiva. Ainda, é importante destacar o baixo volume de chuvas anuais observado nos anos 1968, 1971, 1984 e 1994, que em diversos gráficos extrapolam o limite mínimo de confiança e se aproximam do limite de predição.

5.2. A escolha dos “anos-padrão”

Os totais anuais de toda a série histórica de 28 anos (1967 – 1994) ininterruptos, para cada um dos 93 postos pluviométricos da área, permitiu uma soma total de 2.604 observações (totais anuais). Tais valores, ao serem colocados em um rol na ordem crescente de grandeza, apresentaram uma elevada amplitude total de variação e baixa frequência de valores extremos. O valor mínimo foi de 453,6 mm, obtido no ano de 1968 pelo Posto 46 – Santa Lúcia, e o valor máximo 2.956,3 mm, no ano de 1983 pelo Posto 19 – Usina Esmeril, resultando em uma amplitude total de variação de 2.502,7 mm.

A frequência total de postos / valores anuais de chuva foi calculada de acordo com os intervalos sugeridos pela fórmula de Sturges, conforme procedimento já descrito, cujo cálculo resultou em 12 classes com intervalo de 208,6 mm. No Apêndice B é possível visualizar as 2604 observações, composta por valores anuais de chuva divididas em intervalos de classes, destacados por diferentes colorações. Tais cores evidenciam os totais anuais tendentes ou considerados secos (cores vermelha, laranja ou amareladas), chuvosos (cores azuladas) e habituais (tonalidades de verde) para cada um dos valores anuais na bacia.

Ainda, a Tabela 4 permite visualizar a síntese da tabela citada, expondo o número de ocorrências de cada classe para cada um dos anos da série, e ainda a frequência absoluta. Destacam-se as duas classes coloridas de verde, e sugeridas como “habitual”, compreendidas entre os intervalos de 1288,1-1496,6 mm e 1496,7-1705,2 mm, que ficaram em evidência por apresentar frequência de 822 e 587, somando juntas 1409 ocorrências (54,1% do total).

Os resultados da frequência absoluta permitem obter o número total de postos inseridos em cada classe e verificar, a princípio, anos que apresentam o maior número de quadriculas em classes chuvosas, secas ou habituais. Todavia, é importante lembrar que o estudo abrange uma imensa área, de escala regional, de padrão irregular na distribuição das chuvas. Assim, antes de tomar qualquer decisão a respeito do comportamento pluviométrico anual, é preciso visualizar a distribuição do mesmo no espaço.

Tabela 4 – Frequência absoluta das chuvas anuais para cada uma das classes sugeridas pela fórmula de Sturges.

Dado anual considerado	Intervalo de Classes			Ocorrência no Ano (Frequência)																																	Total
	Min.	Max.	Cor	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94						
Extremamente Seco	453,6	662,2		0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2				
Extremamente Seco	662,3	870,8		0	27	4	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35				
Seco	870,9	1079,4		3	46	28	1	9	0	2	0	5	0	1	7	4	2	5	0	0	25	4	1	1	2	0	2	0	2	1	10	161					
Tendente a Seco	1079,5	1288		11	18	44	7	29	0	16	14	31	0	11	19	19	8	21	0	0	38	44	5	12	18	4	27	1	9	10	49	465					
Habitual	1288,1	1496,6		30	1	14	30	36	14	41	42	46	5	34	32	38	33	33	7	0	26	33	28	43	45	36	50	19	37	40	29	822					
Habitual	1496,7	1705,2		33	0	3	27	13	31	22	30	11	11	32	26	21	26	25	28	1	3	9	42	32	22	42	13	27	24	30	3	587					
Tendente a Chuvoso	1705,3	1913,8		12	0	0	24	3	35	10	7	0	32	13	7	10	13	7	30	4	0	3	14	5	5	10	1	37	17	10	2	311					
Chuvoso	1913,9	2122,4		4	0	0	4	0	12	2	0	0	32	2	1	1	9	2	22	11	0	0	3	0	1	0	0	6	3	1	0	116					
Chuvoso	2122,5	2331		0	0	0	0	0	1	0	0	0	10	0	0	0	0	0	5	32	0	0	0	0	0	1	0	3	1	1	0	54					
Extremamente Chuvoso	2331,1	2539,6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31					
Extremamente Chuvoso	2539,7	2748,2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14					
Extremamente Chuvoso	2748,3	2956,3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6					

A Figura 21 apresenta, para fins de comparação e discussão inicial, como seria a distribuição da média aritmética na área de estudo, por intervalos de classe. Evidentemente, é uma representação cartográfica que pouco contribui para uma análise aprofundada e detalhada, pois evidencia um valor que não representa a realidade da bacia. Entretanto, se assemelha à média geral das chuvas anuais analisada anteriormente, e permite constatar duas classes de ocorrência (ambas habituais), sendo que a classe habitual, de menor intervalo de precipitação, predominou nas áreas já aferidas como menos chuvosas (Baixo Pardo, Baixo Mogi e à jusante do Alto Mogi / Alto Pardo).

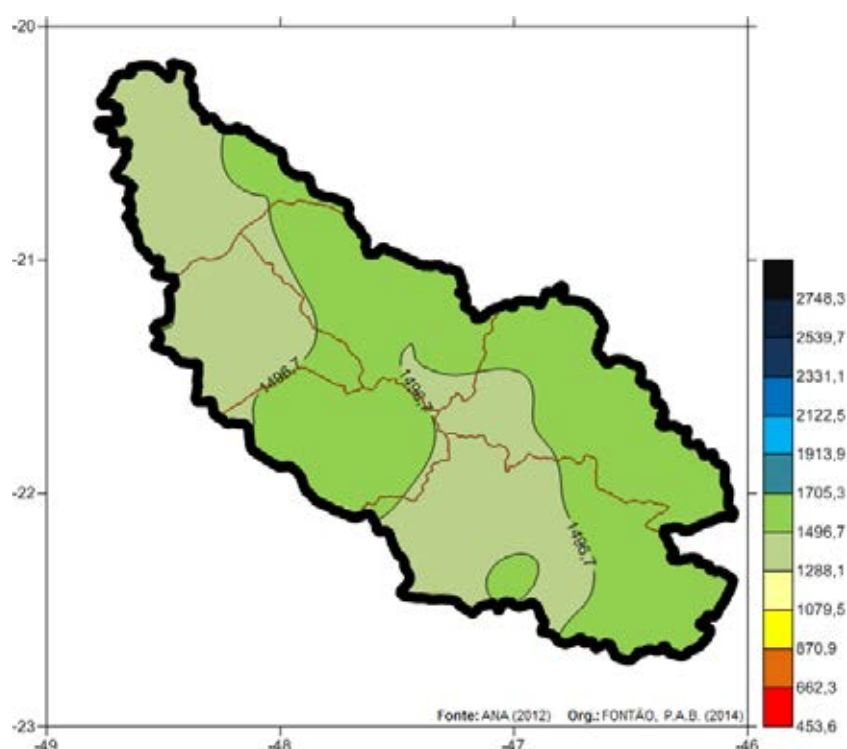


Figura 21 – Distribuição média das classes sugeridas pela fórmula de Sturges na bacia do Pardo (1967 – 1994).

Para analisar o comportamento real de cada ano da série, foram construídos 28 cartogramas respeitando os intervalos de classe sugeridos, representados nas Figuras 22a, 22b e 22c. Tais materiais cartográficos permitem visualizar e esclarecer o comportamento anual da bacia (Tabela 5), e para cada um dos compartimentos, através do predomínio dos intervalos de classe já sugeridos.

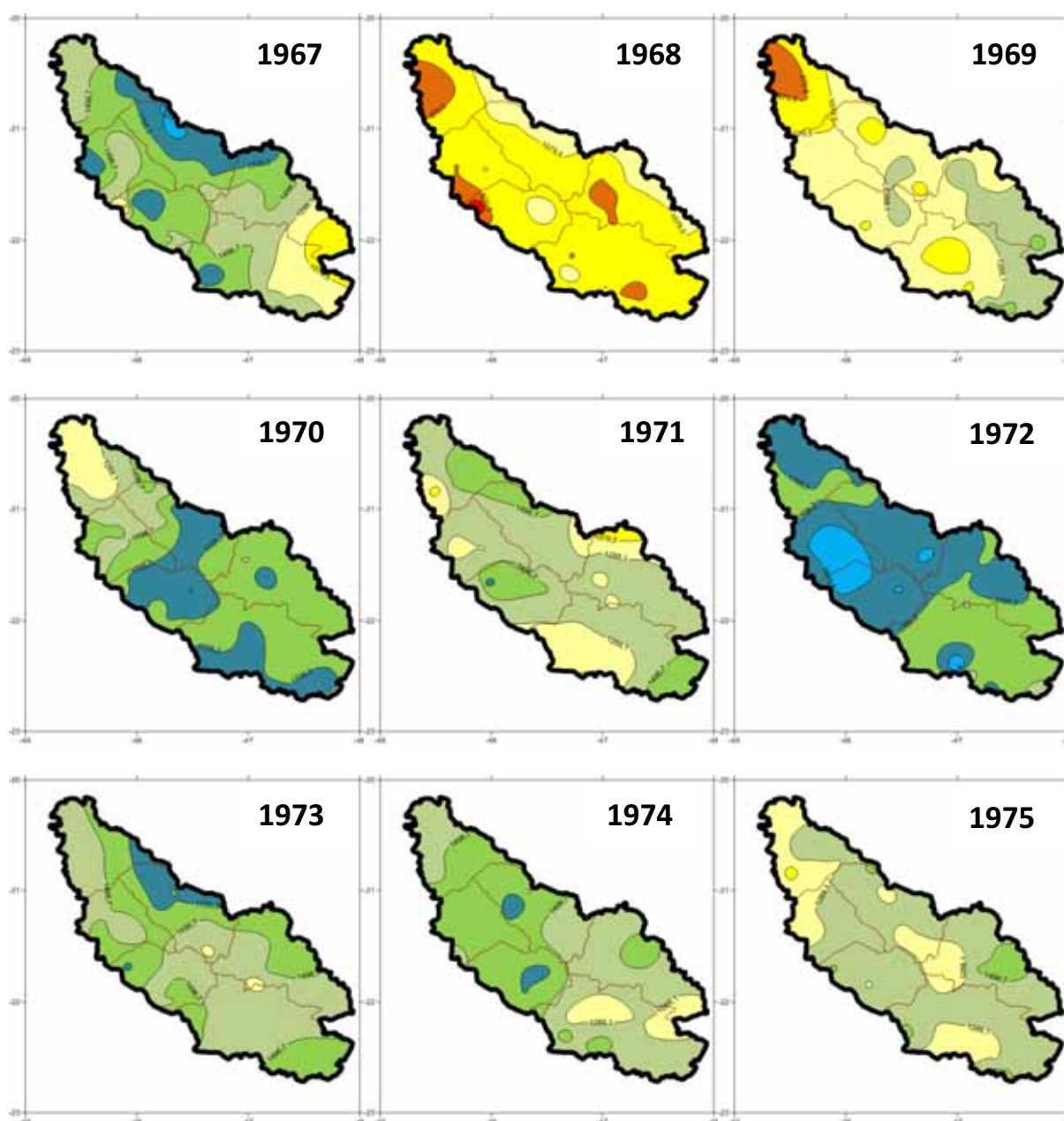


Figura 22a - Distribuição das classes sugeridas pela fórmula de Sturges na bacia do Pardo, para cada ano da série (1967 – 1994).

Organização: FONTÃO, P.A.B. (2014)

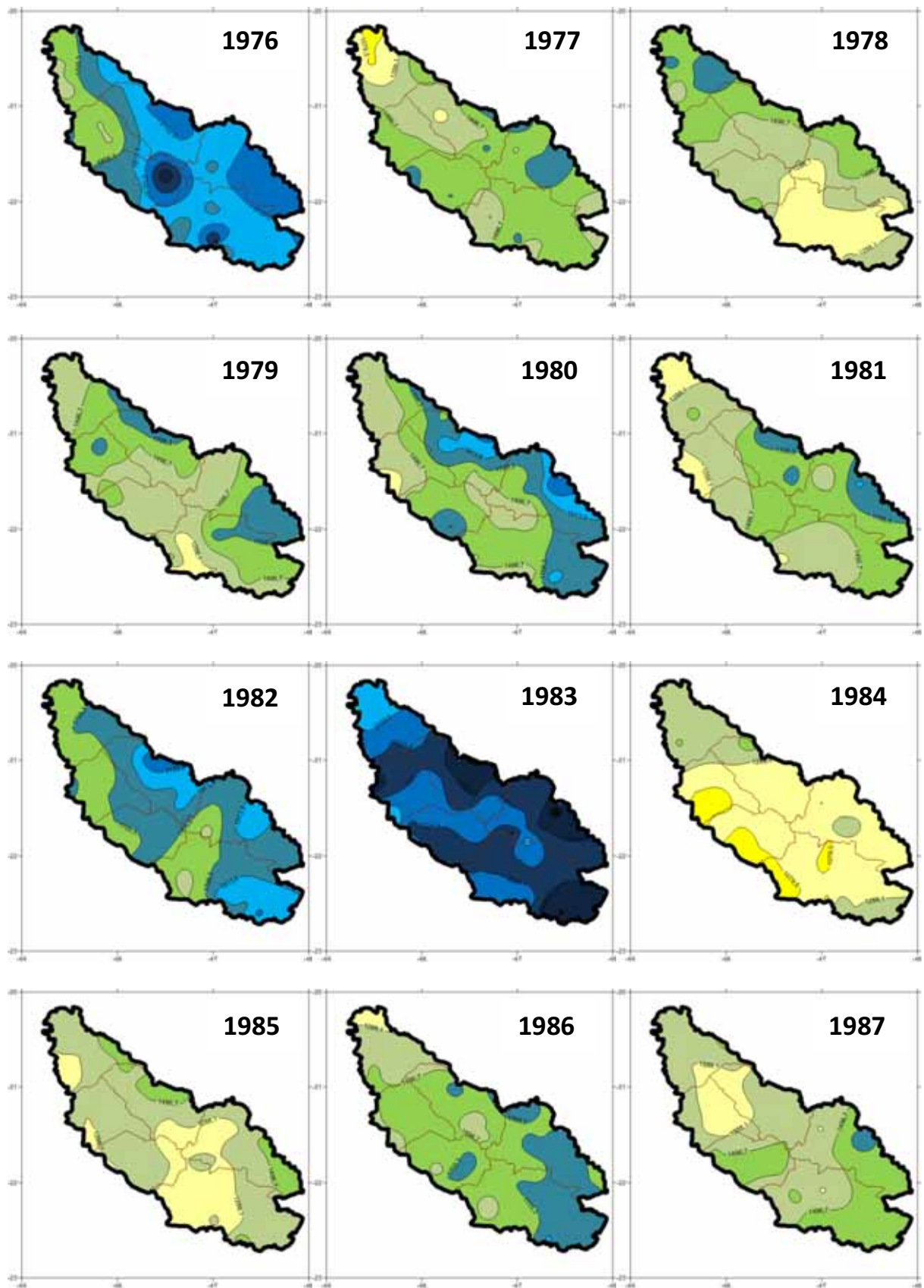


Figura 22b - Distribuição das classes sugeridas pela fórmula de Sturges na bacia do Pardo, para cada ano da série (1967 – 1994).

Organização: FONTÃO, P.A.B. (2014)

A análise dos cartogramas permite indicar, de maneira empírica, a existência de dois anos cujas colorações verdes, que representam o habitual, não ocorreram em nenhum setor da bacia: o ano de 1968, com o predomínio de coloração amarela e laranja considerado o mais seco da série, e o ano de 1983, predominando diferentes tons azulados, e considerado o mais chuvoso de toda a série histórica.

Considerado como intervalo de frequência que mais ocorre na bacia, a cor verde existiu em 26 anos de toda a série. Porém, é possível destacar o ano de 1989 como de maior predomínio desta coloração, pois conta com somente duas pequenas “manchas” azuis, em setores tradicionalmente mais chuvosos na bacia.

Uma análise empírica da frequência dos intervalos de classe na bacia, somado aos resultados obtidos a partir da análise da distribuição temporal e espacial das chuvas e das técnicas estatísticas aplicadas, permitiu chegar aos resultados apresentados na Tabela 5.

Na Tabela 5, é possível verificar a classificação do comportamento anual para cada ano da série histórica. Tal arranjo revela que dos vinte e oito anos da série, considerando-se os critérios anuais previamente analisados, onze possuem características representativas do padrão Habitual. Treze anos foram classificados no padrão excepcional, sendo seis deles Chuvosos e sete Secos. Ainda, exibe quatro anos cuja classificação não se enquadra em nenhuma das modalidades, pois apresentaram um padrão irregular de distribuição das chuvas, denominados assim Mistos.

A existência de anos irregulares, considerados Mistos, pode evidenciar predomínios setorizados na precipitação, ao longo do período anual, gerando características pluviais que se diferem da habitual. Podem coexistir, assim, setores secos e chuvosos em um mesmo período anual, ou ainda, caráter distinto quando ao padrão da distribuição pluviométrica do setor (ou compartimento) da bacia, como a ocorrência de um ano seco num setor tradicionalmente chuvoso, caso do ano de 1967 (seca nas cabeceiras do rio Pardo).

A análise empírica permitiu ainda evidenciar, em ordem decrescente, os anos de 1983, 1976 e 1982 como os mais chuvosos, para todo o interior da bacia. Os anos de 1968, 1969 e 1984 se destacaram como os mais secos da série histórica. Para o padrão habitual, os três anos que mais se destacaram e se aproximaram do padrão representativo da bacia foram 1989, 1973 e 1981, respectivamente.

Partindo do princípio deste estudo, que procura investigar e evidenciar do ponto de vista *rítmico*, os tipos de tempo atmosférico cuja ocorrência pode resultar em cheias e

estiagens, é preferível escolher anos de forte *excepcionalidade* pluviométrica presentes na série para detalhar, em nível sazonal, mensal e diário. Assim, o ano de **1983** foi tomado como melhor exemplo de ano-padrão chuvoso. Para a escolha do ano-padrão seco, apesar do ano de 1968 se destacar como o menos chuvoso da série, optou-se pela escolha do ano de **1984** para a continuidade da pesquisa, pois tal período permitiu fácil acesso à dados meteorológicos, cartas sinóticas e imagens de satélite, fator que se mostrou um obstáculo para o período da década de 1960, em especial pela não existência de imagens de satélite. Ainda, elegeu-se o ano de **1989** como o de maior representação do *habitual* das chuvas.

5.3. A dinâmica sazonal e mensal das chuvas em “anos-padrão”

Nesta seção a análise da distribuição do fenômeno pluviométrico na bacia segue em uma escala temporal que permita maior detalhamento do comportamento do mesmo. Neste sentido, optou-se por representar e associar a variabilidade das chuvas no tempo (cronológico) às variações no espaço, partindo de um viés temporal-espacial, nas escalas sazonal e mensal para os três anos escolhidos como “anos-padrão”.

As figuras a seguir apresentadas servirão de subsídio para a análise *rítmica* a ser detalhada posteriormente. Tais representações cartográficas são compostas por doze cartas de isolinhas (4 para cada ano) as quais demonstram a distribuição sazonal das chuvas, ao longo das Estações do Ano, e trinta e seis cartas de isolinhas (12 para cada mês) que tornam em evidência a distribuição mensal, mês a mês.

5.3.1. “Ano-Padrão” de 1983 (chuvoso)

O total sazonal das chuvas para o ano de 1983 distribuído cartograficamente para cada um dos trimestres pode ser observado na Figura 23, evidenciando a variabilidade deste fenômeno no espaço ao longo deste ano considerado chuvoso.

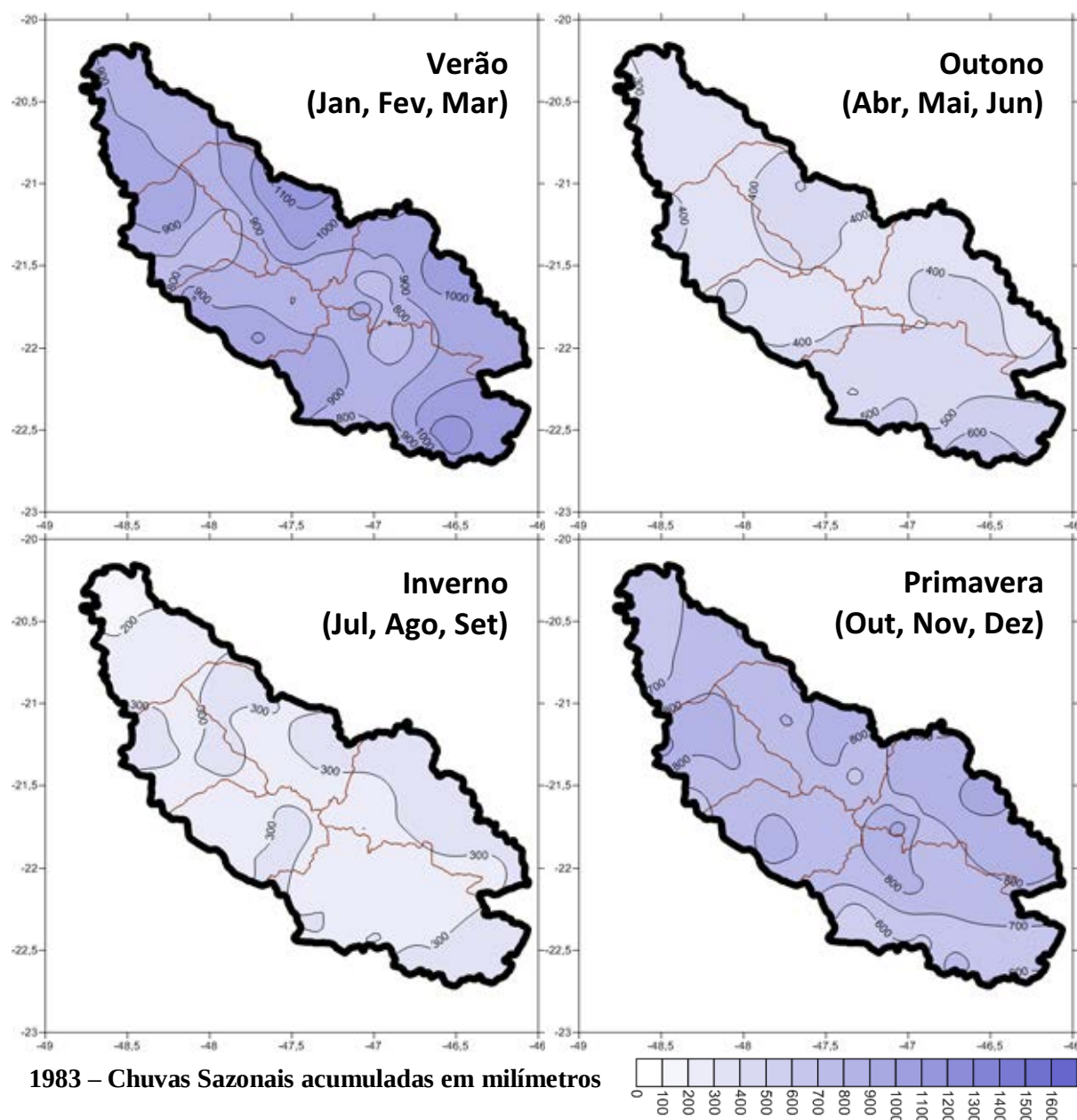


Figura 23 - Distribuição das chuvas sazonais na bacia do Pardo, no ano de 1983.

Fonte: ANA (2012). **Organização:** FONTÃO, P.A.B. (2014)

A princípio, é possível verificar através da análise das isolinhas um volume de chuvas extremamente alto no verão se comparado aos outros trimestres da bacia. Tal dinâmica pode ser notada pela presença de totais trimestrais superiores a 1.100 milímetros e chuva à leste/nordeste, além de predomínio de valores superiores à 800 milímetros ao longo de quase toda a área. Nota-se ainda uma primavera também chuvosa, em especial na região do Alto e Médio Pardo, além do Baixo Mogi, ambas apresentando volumes superiores a 800 e/ou 900 milímetros.

O outono-inverno, período habitualmente mais propício às incursões polares e consequente redução da precipitação, se mostrou muito chuvoso em relação aos outros “anos-padrão” analisados. Notou-se, contudo, uma redução das chuvas em relação aos trimestre do verão e primavera. No outono, o setor do Alto Mogi se mostrou mais chuvoso em relação ao restante da bacia, que teve de maneira geral sua porção central menos chuvosa. Já no inverno, trimestre menos chuvoso do ano, apresentou o Baixo Mogi como área de menor volume precipitado, seguido da porção central novamente menos chuvosa. Por fim, a primavera se mostrou novamente chuvosa, todavia de menor intensidade se comparada ao verão. A distribuição mensal das chuvas, para fins de refinar a análise sazonal, pode ser observada nas Figuras 24a e 24b.

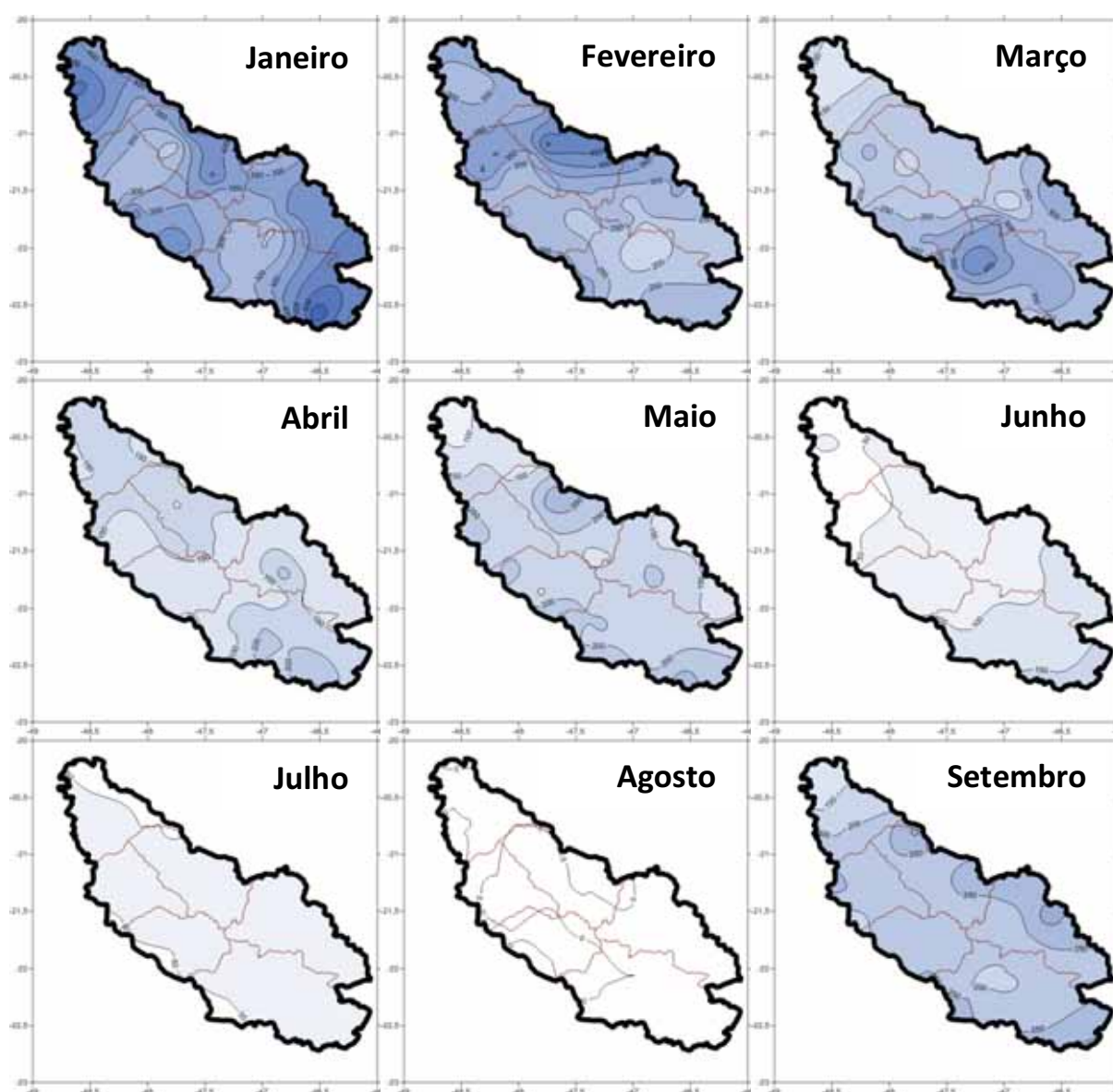


Figura 24a - Distribuição das chuvas mensais na bacia do Pardo, no ano de 1983.

Fonte: ANA (2012). **Organização:** FONTÃO, P.A.B. (2014)

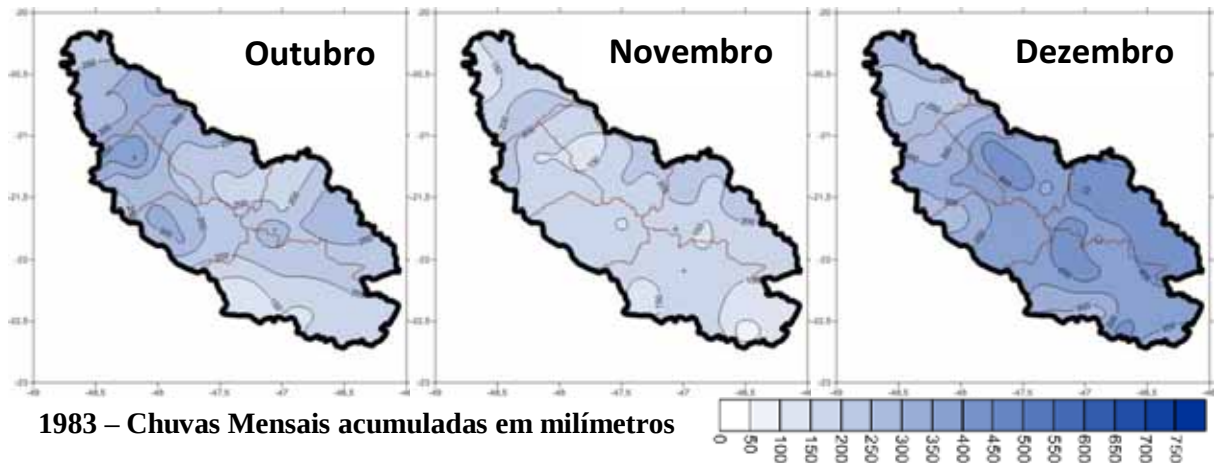


Figura 24b - Distribuição das chuvas mensais na bacia do Pardo, no ano de 1983.

Fonte: ANA (2012). **Organização:** FONTÃO, P.A.B. (2014)

A distribuição mensal das chuvas de 1983 permitiu constatar que, apesar de ser um ano de excepcionalidade das chuvas, bem mais intensas que o habitual, há um claro período de estiagem entre os meses de Junho e Agosto, em específico o último mês citado, que praticamente não apresentou precipitação sobre a área da bacia. Tal distribuição torna em evidência a distribuição irregular deste fenômeno ao longo do tempo, típico do regime pluviométrico de climas tropicais, que tende a concentrar chuvas nos meses de maior radiação absorvida em seu hemisfério.

Na área, a disposição das chuvas se mostrou variável, entretanto foi possível observar uma maior precipitação na porção nordeste/leste da bacia, e uma menor, de forma geral, na porção central e nas proximidades do setor Baixo Pardo.

5.3.2. “Ano-Padrão” de 1984 (seco)

O total sazonal das chuvas para o ano de 1984 distribuído cartograficamente para cada um dos trimestres pode ser observado na Figura 25, evidenciando a variabilidade deste fenômeno no espaço ao longo deste ano considerado seco.

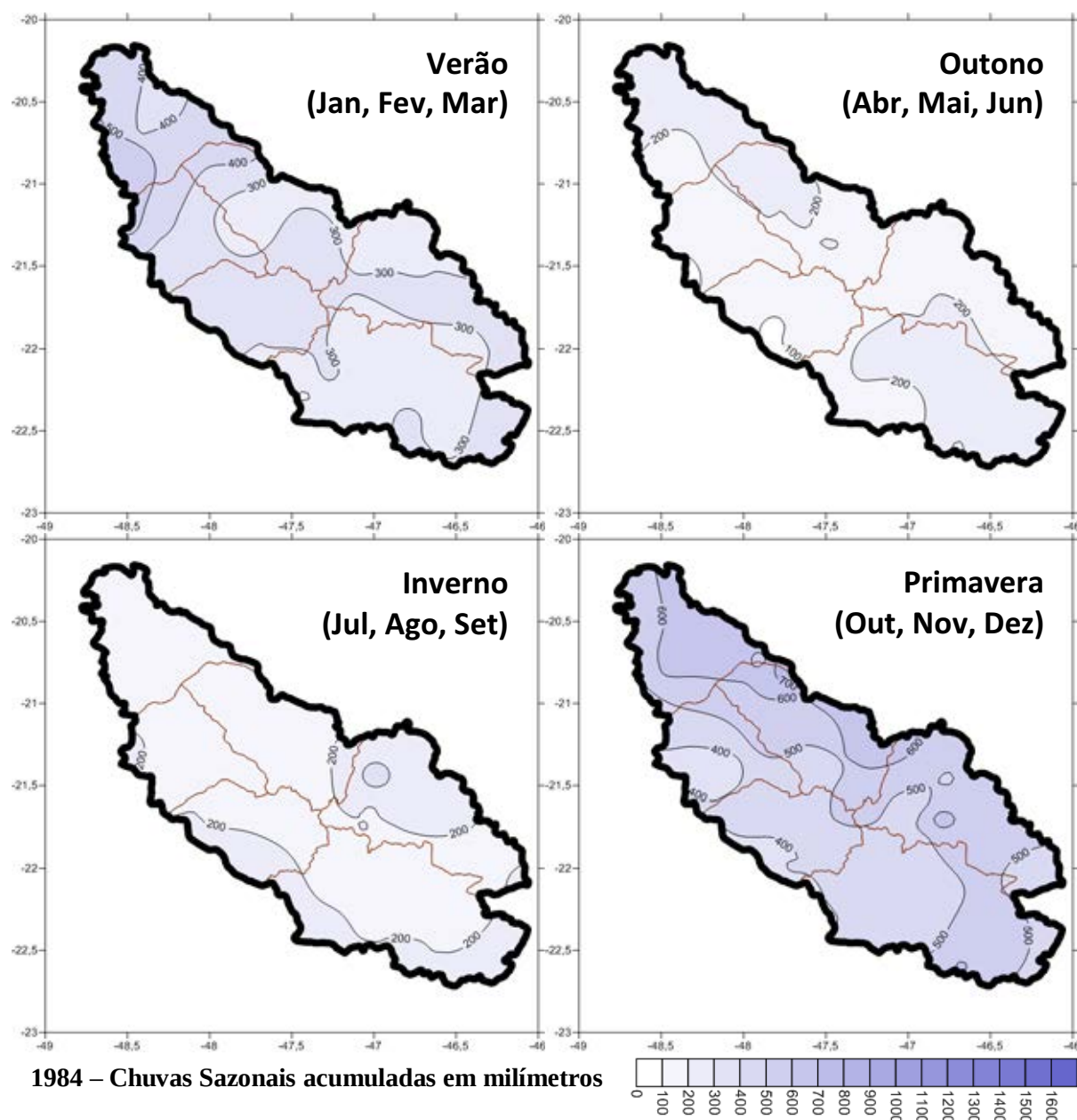


Figura 25 - Distribuição das chuvas sazonais na bacia do Pardo, no ano de 1984.

Fonte: ANA (2012). **Organização:** FONTÃO, P.A.B. (2014)

Em 1984, a precipitação registrada contrasta claramente em relação ao ano anterior, variabilidade esta já esperada por se tratar de um ano padrão definida como seco para a bacia. Contudo, a primavera mostrou-se mais chuvosa em relação aos outros três trimestres, e levando-se em conta o regime pluviométrico local, é possível constatar, a princípio, um verão pouco chuvoso para a região, contribuindo para as características anuais já constatadas.

Da análise geral da bacia se verificou uma concentração das chuvas na porção norte da mesma, apresentando parte dos setores Alto, Médio e Baixo Pardo se mostraram mais úmidos ao longo das estações. Seguindo nesta linha de análise, as porções mais ao sul/sudoeste da

bacia se mostraram as menos chuvosas, destacando-se as áreas mais centrais do Alto, Médio e Baixo Mogi. A distribuição mensal das chuvas, para fins de uma análise mais detalhada deste fenômeno, pode ser observada na Figura 26.

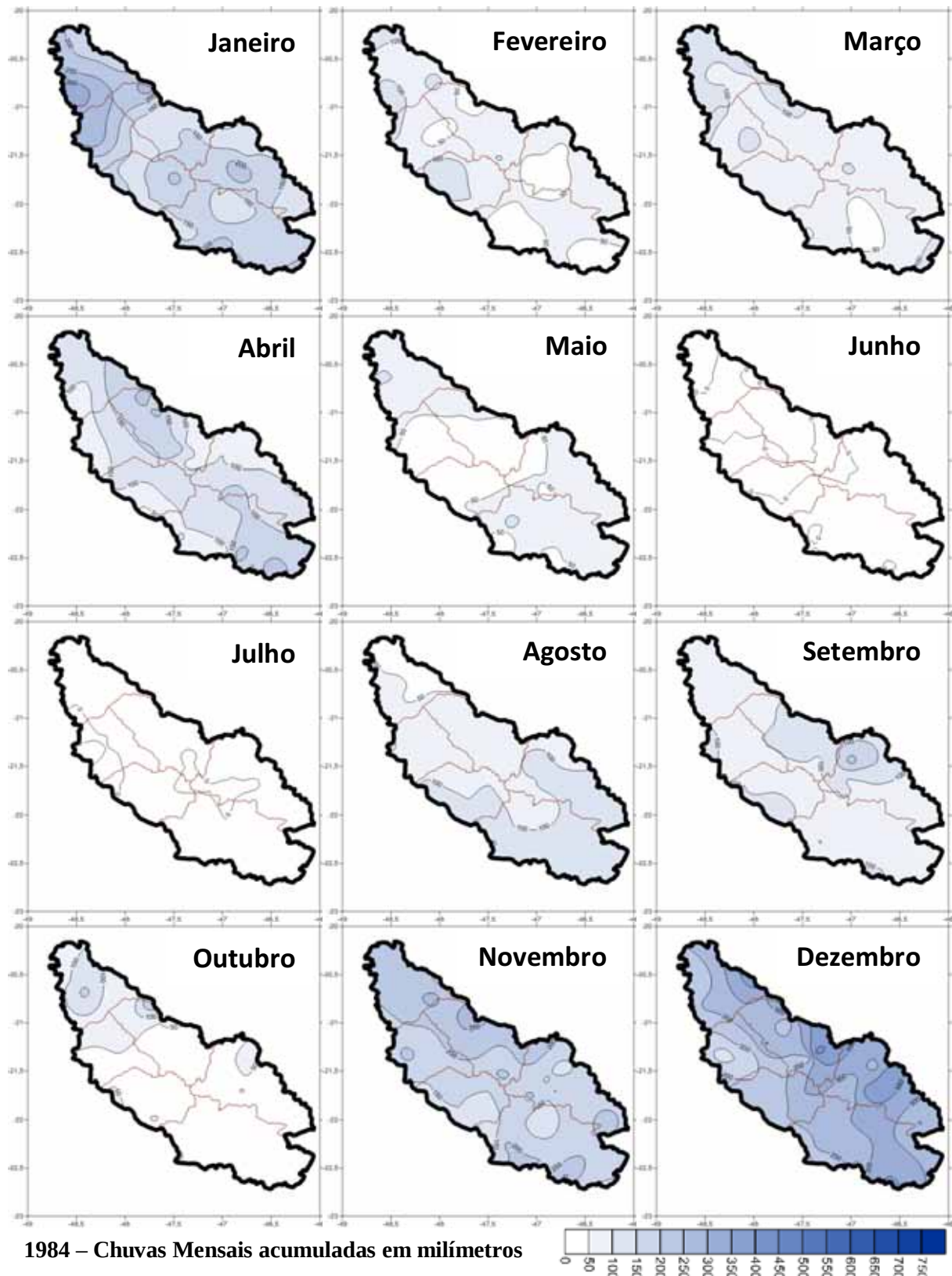


Figura 26 - Distribuição das chuvas mensais na bacia do Pardo, no ano de 1984.

Fonte: ANA (2012). **Organização:** FONTÃO, P.A.B. (2014)

Mensalmente para o ano de 1984, é possível verificar uma má distribuição das chuvas, em especial se considerar uma concentração deste fenômeno nos meses de Janeiro, Novembro e Dezembro. Os meses entre Maio de Outubro registraram baixos índices de chuva, ou praticamente ausência da mesma em alguns (Junho e Julho), que possivelmente contribuíram para um período de estiagem na bacia.

Na Figura 26, fica ainda mais em evidência a baixa precipitação em alguns setores ao sul da bacia, conforme já detalhado sazonalmente, e uma acumulação dos volumes registrada à nordeste da mesma. Um fator que chamou atenção foi uma maior precipitação no setor Baixo Pardo, se comparado a outros setores, área descrita na análise anual como menos chuvosa em relação aos outros.

5.3.3. “Ano-Padrão” de 1989 (habitual)

O total sazonal das chuvas para o ano de 1989 distribuído cartograficamente para cada um dos trimestres pode ser observado nas Figuras 27a e 27b, evidenciando a variabilidade deste fenômeno no espaço ao longo deste ano considerado *habitual*.

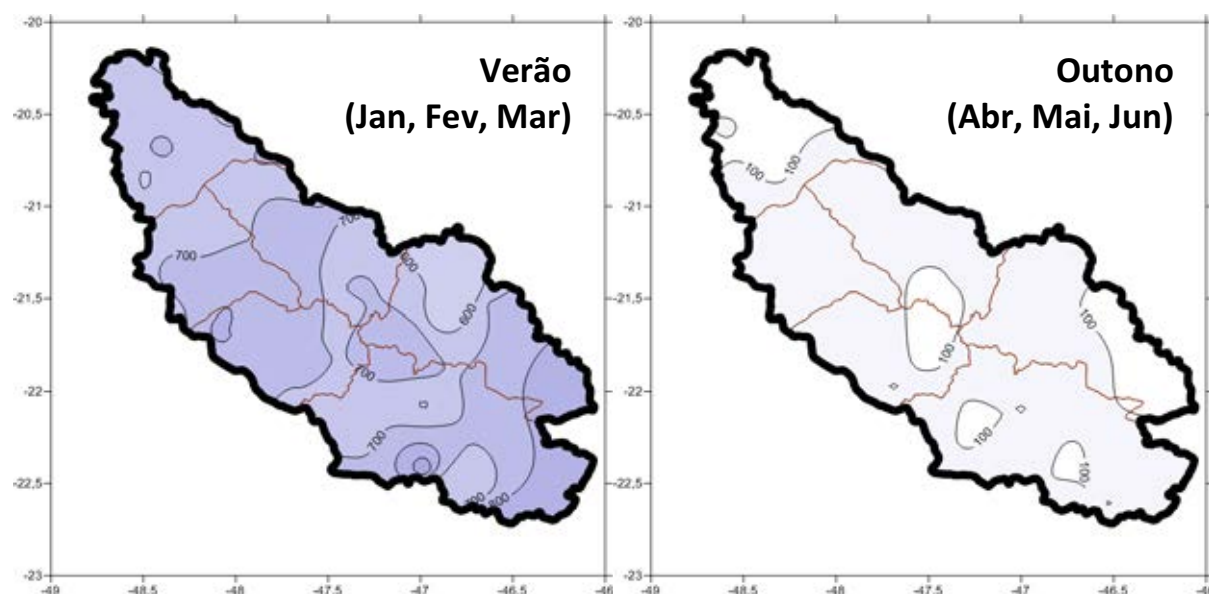


Figura 27a - Distribuição das chuvas sazonais na bacia do Pardo, no ano de 1989.

Fonte: ANA (2012). **Organização:** FONTÃO, P.A.B. (2014)

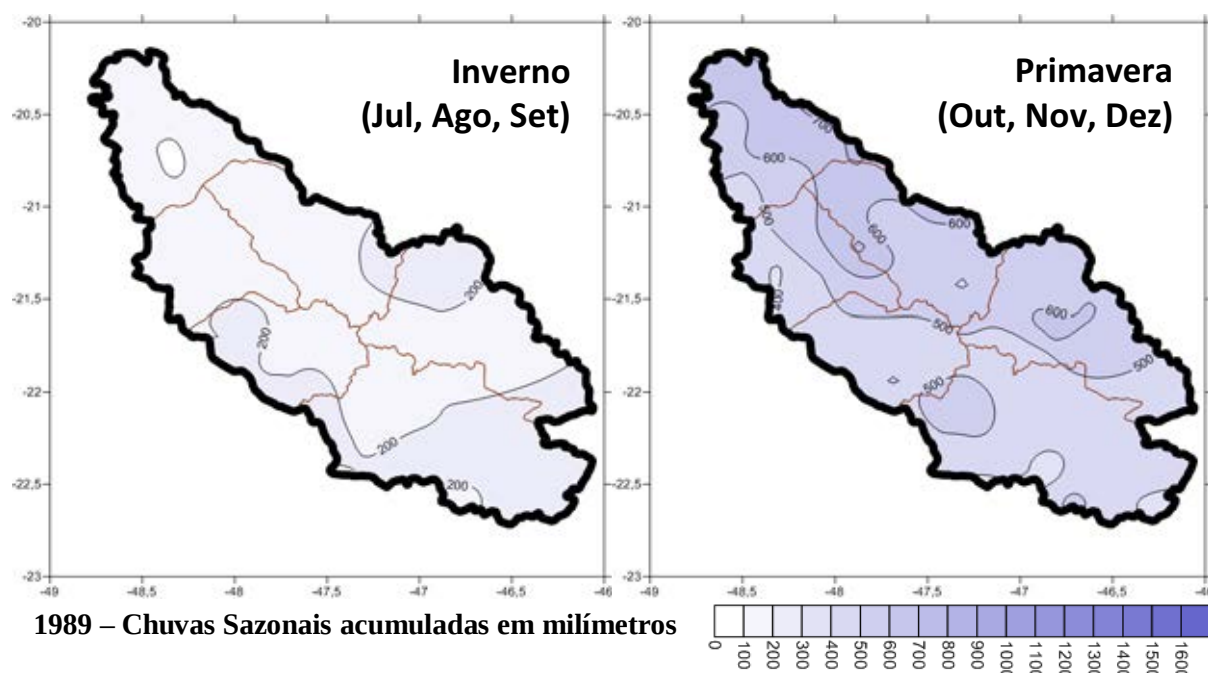


Figura 27b - Distribuição das chuvas sazonais na bacia do Pardo, no ano de 1989.

Fonte: ANA (2012). **Organização:** FONTÃO, P.A.B. (2014)

De maneira geral, ano de 1989 se mostrou bem próximo ao regime pluviométrico amplamente conhecido habitualmente para climas tropicais, ou seja, um período de verão-primavera associados à concentração dos episódios e volumes de chuva se comparados ao outono-inverno. O outono e inverno se mostraram mais secos inclusive que o mesmo período de 1984, contribuindo possivelmente para uma forte estiagem, entretanto o início do ano chuvoso e a primavera novamente úmida compensaram tais índices pluviométricos em nível anual. A distribuição irregular das chuvas pode ser conferida em nível mensal nas Figuras 28a e 28b, evidenciando a variabilidade temporal e espacial deste ano.

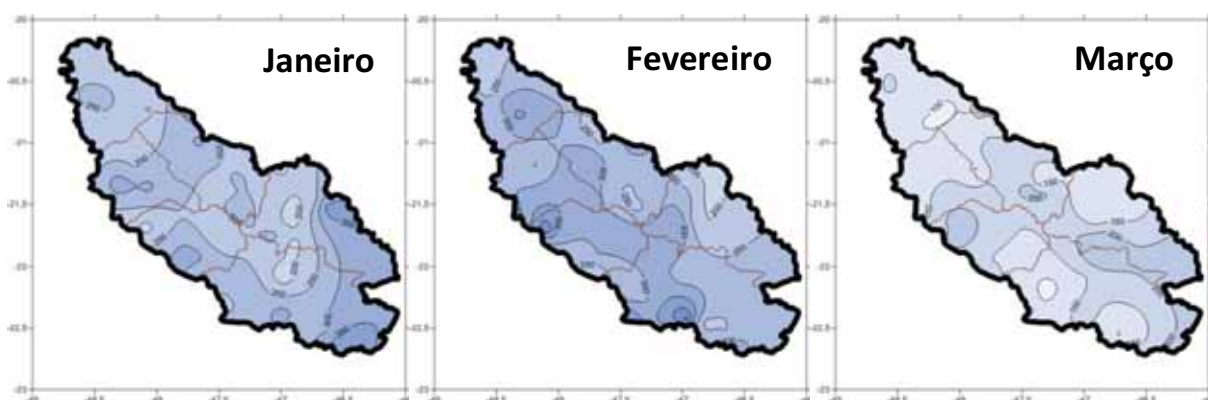


Figura 28a - Distribuição das chuvas mensais na bacia do Pardo, no ano de 1989.

Fonte: ANA (2012). **Organização:** FONTÃO, P.A.B. (2014)

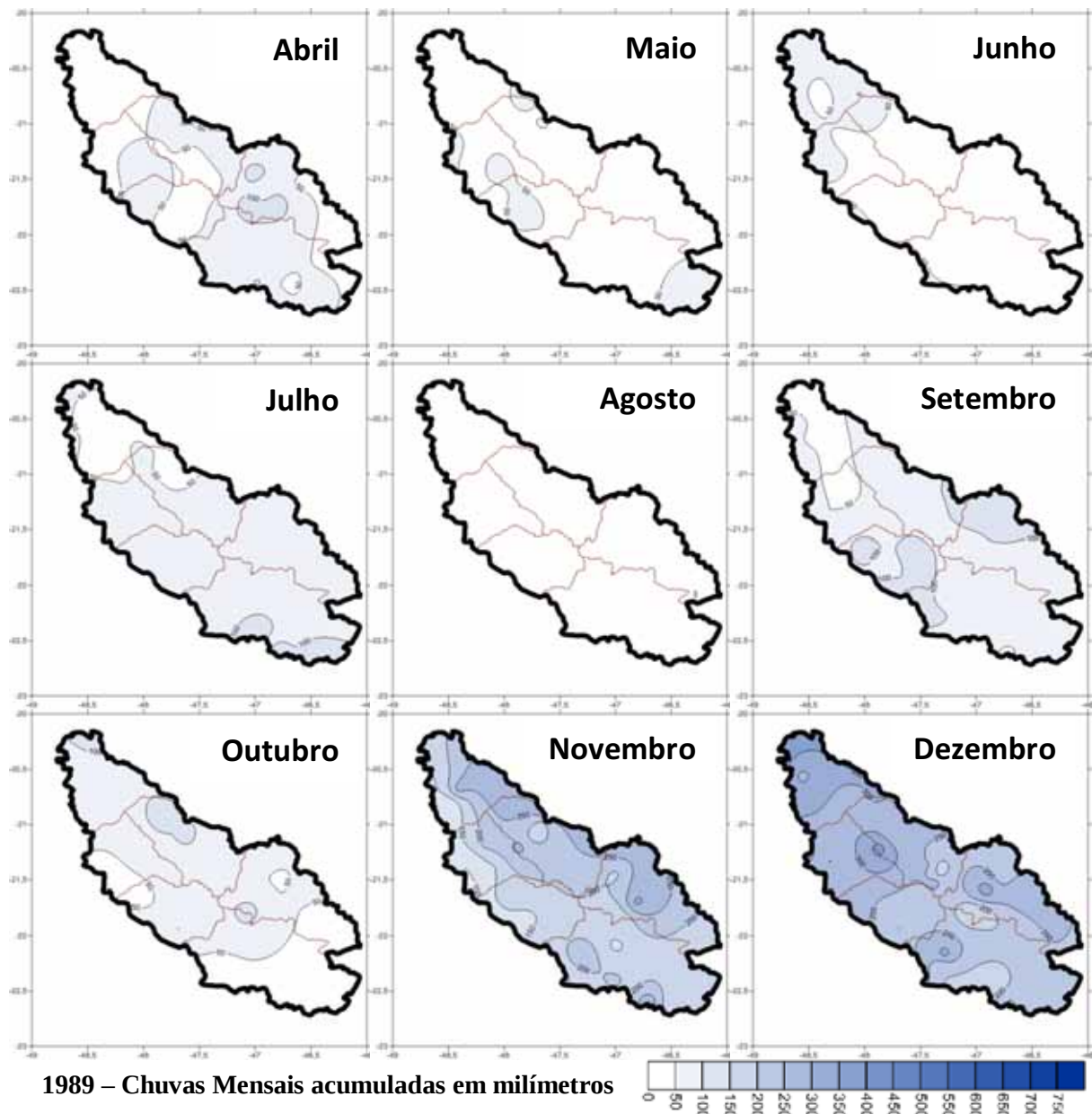


Figura 28b - Distribuição das chuvas mensais na bacia do Pardo, no ano de 1989.

Fonte: ANA (2012). **Organização:** FONTÃO, P.A.B. (2014)

Da observação mensal das chuvas, verifica-se claramente um início de ano chuvoso nos meses de Janeiro e Fevereiro, e Março com uma pequena redução dos acumulados totais. Nos meses de Novembro e Dezembro também foi possível observar volumes acentuados de chuva distribuídos ao longo da bacia, em especial ao norte da mesma. Contudo, sete meses predominaram baixa precipitação, ou ausência da mesma na bacia, estiagem constatada em nível regional, a ser analisada em etapas posteriores da pesquisa.

No início do ano (verão) as chuvas registradas apresentaram uma leve concentração na porção sul/sudoeste da bacia, em compartimentos pertencentes ao rio Mogi. Todavia, no final

do ano (primavera) tal distribuição se inverteu passando as chuvas a se concentrarem nos setores mais ao norte da bacia, em compartimentos pertencentes ao rio Pardo.

5.4. Dinâmica atmosférica e Gênese das Chuvas, Cheias e Estiagens em “anos-padrão”

Esta etapa da pesquisa pretende sintetizar de maneira clara e objetiva os resultados da *Análise Rítmica* elaborada, a partir de metodologia previamente descrita. Esta consiste na análise diária da participação dos diferentes sistemas atmosféricos que atuaram na bacia, e de maneira específica nos três pontos selecionados (Caconde, Mogi e Pradópolis), ao longo dos três “anos-padrão”. Para tanto, foram elaborados os gráficos de *Análise Rítmica* (APÊNDICES C a K), os índices de participação dos sistemas atmosféricos mensal e sazonalmente e a identificação da gênese das chuvas (e volume total precipitado) através dos sistemas atmosféricos que as provocam (Figuras 29 a 31), assim como foram feitas as análises dos “tipos de tempo” que sucederam “picos” de cheias e longos períodos de estiagens. A descrição analítica e sintética pode ser verificada nos subitens a seguir, para cada um dos “anos-padrão” (chuvoso, seco e habitual, respectivamente) e uma síntese geral.

5.4.1. “Ano-Padrão” de 1983 (chuvoso)

Os gráficos de *Análise Rítmica* elaborados e analisados em escala diária para o ano de 1983 podem ser conferidos nos Apêndices C, D e E, relativos aos pontos de análise Caconde, Mogi e Pradópolis, respectivamente. É importante ressaltar que devido à grande dimensão das figuras, estas foram incluídas no apêndice desta dissertação. As Tabelas 6 a 11 sintetizam a participação dos sistemas atmosféricos no trimestre e a gênese das chuvas associadas a tais sistemas, assim como os gráficos de participação e gênese podem ser visualizados na Figura 29.

O **verão** de 1983 se destacou pela atuação intensa de sistemas frontais sobre a região da bacia, advindo de correntes de sul, que repercutiram em fortes episódios de chuva. O embate entre o avanço da FPA e o setor quente de retorno no continente (QTE) permitiu o estacionamento destes sistemas (EST), que provocaram intensos episódios pluviométricos, como foi o caso do dia 02 de Fevereiro, que choveu 117,9 mm em Pradópolis no período de 24 horas.

Tabela 6 – Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1983 para Caconde.

1983		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES		
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC
Ver.	dias	10	3	1	6,5	2,5	12	18,5	7,5	4,5	6,5	4,5	7,5	5,5	0,5
	%	11,1%	3,3%	1,1%	7,2%	2,8%	13,3%	20,6%	8,3%	5,0%	7,2%	5,0%	8,3%	6,1%	0,6%
Out.	dias	13	2	1,5	1	4,5	7,5	20,5	5,5	2	0,5	0	20	12,5	0,5
	%	14,3%	2,2%	1,6%	1,1%	4,9%	8,2%	22,5%	6,0%	2,2%	0,5%	0,0%	22,0%	13,7%	0,5%
Inv.	dias	11,5	3	0	3	2	3,5	12	1,5	12	6	1	26,5	8,5	1,5
	%	12,5%	3,3%	0,0%	3,3%	2,2%	3,8%	13,0%	1,6%	13,0%	6,5%	1,1%	28,8%	9,2%	1,6%
Prim.	dias	11	1,5	2,5	5,5	5,5	11	13,5	11,5	5	7,5	5	3	9,5	0
	%	12,0%	1,6%	2,7%	6,0%	6,0%	12,0%	14,7%	12,5%	5,4%	8,2%	5,4%	3,3%	10,3%	0,0%
Total	dias	45,5	9,5	5	16	14,5	34	64,5	26	23,5	20,5	10,5	57	36	2,5
	%	12,5%	2,6%	1,4%	4,4%	4,0%	9,3%	17,7%	7,1%	6,4%	5,6%	2,9%	15,6%	9,9%	0,7%

Tabela 7 – Gênese Pluvial em 1983 para Caconde.

1983		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES			TOTAL
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC	
Ver.	mm	323,9	39,2	0,1	239,8	8,1	354,2	2,3	92,0	0,2	2,3	23,0	10,6	0,2	0,0	1095,8
Out.	mm	126,9	25,3	14,6	41,2	17,4	53,2	1,4	27,9	0,0	0,0	0,0	6,0	0,3	0,0	314,1
Inv.	mm	173,9	0,1	0,0	62,4	20,1	49,1	0,0	18,8	0,0	0,0	15,9	1,8	0,0	0,0	341,9
Pri.	mm	174,1	24,3	25,6	129,8	55,3	210,6	2,0	52,9	0,0	0,0	20,0	0,0	3,7	0,0	698,2
Tot.	mm	798,8	88,9	40,3	473,2	100,7	667,1	5,7	191,5	0,2	2,3	58,8	18,4	4,2	0,0	2450,0

Tabela 8 – Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1983 para Mogi.

1983		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES		
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC
Ver.	dias	10	3,5	1	6,5	2,5	10	19,5	7	4	7	4,5	8,5	5,5	0,5
	%	11,1%	3,9%	1,1%	7,2%	2,8%	11,1%	21,7%	7,8%	4,4%	7,8%	5,0%	9,4%	6,1%	0,6%
Out.	dias	14	2	1,5	1	4,5	7	19,5	5,5	2	0,5	0	21,5	11,5	0,5
	%	15,4%	2,2%	1,6%	1,1%	4,9%	7,7%	21,4%	6,0%	2,2%	0,5%	0,0%	23,6%	12,6%	0,5%
Inv.	dias	11	3	0	3	2	4	11,5	1,5	12	6	1	27	8,5	1,5
	%	12,0%	3,3%	0,0%	3,3%	2,2%	4,3%	12,5%	1,6%	13,0%	6,5%	1,1%	29,3%	9,2%	1,6%
Prim.	dias	10,5	1,5	2,5	5,5	5	10,5	12,5	12,5	5	7,5	5,5	4	9,5	0
	%	11,4%	1,6%	2,7%	6,0%	5,4%	11,4%	13,6%	13,6%	5,4%	8,2%	6,0%	4,3%	10,3%	0,0%
Total	dias	45,5	10	5	16	14	31,5	63	26,5	23	21	11	61	35	2,5
	%	12,5%	2,7%	1,4%	4,4%	3,8%	8,6%	17,3%	7,3%	6,3%	5,8%	3,0%	16,7%	9,6%	0,7%

Tabela 9 – Gênese Pluvial 1983 para Mogi.

1983		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES			TOTAL
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC	
Ver.	mm	185,3	18,7	14,8	177,1	9,1	258,2	0,7	109,1	0,0	0,0	16,0	0,2	0,0	0,0	789,0
Out.	mm	200,4	34,2	9,5	23,7	31,5	88,0	0,0	26,6	0,0	0,0	0,0	0,8	0,6	0,0	415,2
Inv.	mm	177,2	0,3	0,0	38,8	0,2	35,9	0,0	0,2	0,0	0,0	24,5	0,4	0,0	0,0	277,4
Pri.	mm	206,1	25,0	30,6	116,8	90,4	253,8	0,8	59,5	0,0	0,0	5,1	0,0	0,2	0,0	788,0
Tot.	mm	769,0	78,2	54,8	356,3	131,2	635,7	1,5	195,4	0,0	0,0	45,5	1,4	0,8	0,0	2269,6

Tabela 10 – Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1983 para **Pradópolis**.

1983		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES		
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC
Ver.	dias	10	3	1	6	2,5	9,5	16,5	6,5	7,5	7,5	6	8,5	5	0,5
	%	11,1%	3,3%	1,1%	6,7%	2,8%	10,6%	18,3%	7,2%	8,3%	8,3%	6,7%	9,4%	5,6%	0,6%
Out.	dias	13,5	2	1,5	1	4,5	5,5	21,5	5	2	0,5	0	22	11,5	0,5
	%	14,8%	2,2%	1,6%	1,1%	4,9%	6,0%	23,6%	5,5%	2,2%	0,5%	0,0%	24,2%	12,6%	0,5%
Inv.	dias	10,5	3	0	3	1,5	4	11,5	1	12	7	1	27	9	1,5
	%	11,4%	3,3%	0,0%	3,3%	1,6%	4,3%	12,5%	1,1%	13,0%	7,6%	1,1%	29,3%	9,8%	1,6%
Prim.	dias	13	1	2	5,5	5,5	11	11,5	12	6	7,5	3,5	4	9,5	0
	%	14,1%	1,1%	2,2%	6,0%	6,0%	12,0%	12,5%	13,0%	6,5%	8,2%	3,8%	4,3%	10,3%	0,0%
Total	dias	47	9	4,5	15,5	14	30	61	24,5	27,5	22,5	10,5	61,5	35	2,5
	%	12,9%	2,5%	1,2%	4,2%	3,8%	8,2%	16,7%	6,7%	7,5%	6,2%	2,9%	16,8%	9,6%	0,7%

Tabela 11 – Gênese Pluvial em 1983 para **Pradópolis**.

1983		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES			TOTAL
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC	
Ver.	mm	189,9	16,7	4,0	130,1	7,9	253,9	0,5	35,9	0,0	0,2	49,0	4,1	0,0	0,0	692,1
Out.	mm	200,0	28,9	8,0	28,9	46,2	16,6	5,9	22,7	0,0	0,0	0,0	1,5	0,3	0,0	358,8
Inv.	mm	176,8	0,1	0,0	88,5	3,0	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	1,3	0,0	0,0	301,0
Pri.	mm	210,0	16,9	26,8	157,3	42,9	168,3	0,2	107,3	0,0	0,0	65,5	0,0	1,7	0,0	812,0
Tot.	mm	776,6	62,6	38,8	404,8	100,0	455,8	6,6	165,9	0,0	0,2	128,7	6,9	2,0	0,0	2163,9

Neste sentido, tal período ficou marcado como um verão chuvoso na bacia, precipitando um total de 1095,8 mm em Caconde, 789 mm em Mogi e 692,1 mm em Pradópolis, volumes que tiveram sua gênese associados 88,1%, 84% e 87% (respectivamente, aos locais citados anteriormente) à atuação de sistemas frontais.

Em Caconde, por exemplo, enquanto o eixo principal (FPA) respondeu por um volume total de 29,6% das chuvas no período, 32,3% devem-se ao setor quente de retorno (QTE) e 21,9% às FPA estacionárias (EST). Já a atuação de outros sistemas frontais (REP, FPR e DIS) no período respondeu por apenas 4,3% da gênese das chuvas. A atuação tropical (MTA e MTC) respondeu junta por 10,9%, em sua maioria sobre influência de linhas de instabilidade (LI), e a atuação de sistemas polares (MPA e MPV) por 1% do volume de chuvas, possivelmente derivada de condições pós-frontal.

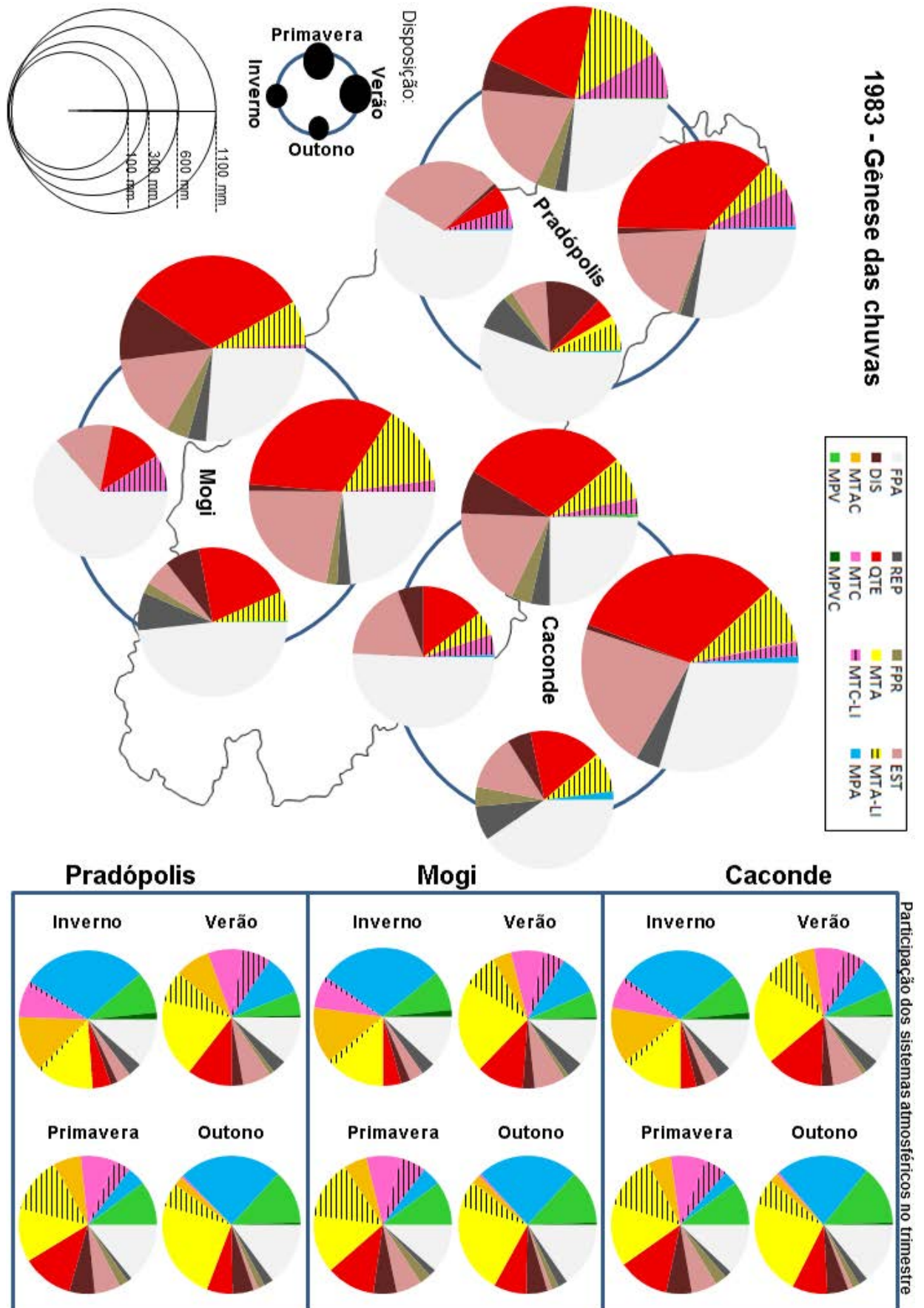


Figura 29 – Participação dos sistemas atmosféricos e gênese das chuvas no ano de 1983.

Organização: FONTÃO, P.A.B. (2014)

Tais condições se assemelham à Mogi, todavia o menor volume de chuvas, se comparado aos outros dois pontos, torna em evidência a participação dos sistemas tropicais (15,9%) na gênese destes episódios, em especial da massa tropical atlântica associada às linhas de instabilidade (MTA-LI), e a ínfima participação dos sistemas polares (MPA e MPV – somente 0,2 mm no total ou 0% aproximados). Pradópolis, apesar do menor volume total em relação aos outros dois pontos, apresenta uma resposta bem semelhante à Caconde, entretanto com uma maior participação da massa tropical continental associada às linhas de instabilidade (MTC-LI).

As chuvas intensas do trimestre resultaram em três principais “picos” de cheia, ou seja, elevações muito rápidas dos dados que se destacaram em relação ao restante do mês, registradas no gráfico de vazão dos rios Pardo (UHE Caconde) e Mogi (Posto Pádua Salles): Período entre 21 a 23 de Janeiro, 04 de Fevereiro e 09 de Março.

No primeiro período (21 a 23 de Janeiro), tais dias foram precedidos de um embate entre o avanço da FPA sobre o estado e a atuação do setor quente de retorno no continente (QTE), gerando o estacionamento do sistema frontal (EST) em duas oportunidades, dias 15 e 19, que repercutiram em baixa insolação e dias chuvosos em sequência. O dia 21 o sistema frontal se dissipou (DIS), entretanto o volume de água acumulado nas drenagens ao longo do período possivelmente contribuíram para tal episódio de “pico”, que registrou no dia 21 uma vazão de 484 m³/s no rio Pardo e 460,8 m³/s no rio Mogi. A repercussão em Pradópolis (postos Faz. Bela Vista e Passagem) foi posterior a tal episódio, devido à maior área de drenagem e recarga, registrando picos dia 25 no rio Pardo (838,2 m³/s) e no rio Mogi, apesar de não apresentar um “pico” específico, mas um aumento gradual da vazão, registrou máxima no dia 29 do mês (962,8 m³/s).

O segundo episódio de “pico”, registrado no dia 4 de Fevereiro, também veio posterior a outro episódio do embate entre o eixo principal da FPA e o setor QTE, estacionando tal sistema frontal atuante (EST) no norte do estado de São Paulo. Tal avanço, posterior à dias quentes e úmidos sob alternância de sistemas de leste (MTA) e oeste (MTC), em alguns casos com linhas de instabilidade (LI), repercutiu em dois dias extremamente chuvosos, precipitando volumes elevados em 24 horas e registrados pelos pluviômetros nos dias 1 e 2 de Fevereiro (71,4 mm e 79,1 mm em Caconde, 60,2 mm e 66,5 mm em Mogi e 52,9 mm e 117,9 mm em Pradópolis). A vazão registrada no dia 4 de Fevereiro foi de 454 m³/s na UHE Caconde e 529,3 m³/s no posto Pádua Salles do rio Mogi, entretanto no ponto de análise

Pradópolis a vazão repercutiu novamente de forma tardia, apresentando picos máximos dia 8 no rio Pardo (1166,9 m³/s) e dia 11 no rio Mogi (1202 m³/s).

Por fim, no dia 9 de Março novamente se registrou picos máximos de vazão posteriormente à atuação da FPA estacionária (EST), da qual mais uma vez o embate entre a FPA e o setor QTE repercutiram em dias muito chuvosos na área da bacia, dissipando (DIS) tais condições temporais no dia 8. A vazão registrada no rio Pardo (UHE Caconde) no dia 9 foi de 324 m³/s e no rio Mogi (Pádua Salles) 549,4 m³/s. Pradópolis registrou o volume máximo dia 12 no rio Pardo (764,2 m³/s) e dia 16 no rio Mogi (1147,5).

No período do **outono**, a dinâmica atmosférica permaneceu sob grande influência das correntes de sul, em destaque a forte atuação de sistemas frontais que deixaram o tempo instável durante alguns períodos, dos quais se destacam os últimos dias de Maio e primeira quinzena de Junho, que deram passagem a uma forte atuação de sistemas polares (posteriormente tropicalizados) na segunda quinzena do mês.

Assim, gênese das chuvas esteve fortemente ligada à atuação de sistemas frontais sob a região (88,7%, 93,3% e 91,5% em Caconde, Mogi e Pradópolis respectivamente), em especial no avanço do eixo principal da FPA (40,4%, 48,3% e 55,7% respectivamente). Tais volumes registrados evidenciam um outono chuvoso se comparado aos dois “anos-padrão” analisados nesta pesquisa, precipitando um total de 314,1 mm em Caconde, 415,2 mm em Mogi e 358,8 mm em Pradópolis.

Neste trimestre, foi registrada a ocorrência e um aumento significativo na vazão (“pico” de cheia) nos rios Pardo (UHE Caconde) e Mogi (Posto Pádua Salles), entretanto de menor intensidade que os registrado no verão, entre o dia 31 de Maio e 2 de Junho. Tal episódio se intensificou após a atuação do setor QTE e o avanço do eixo principal da FPA na região, instabilidade gerada por duas diferentes massas que permitiu o estacionamento da frente (EST) no dia 31 do mês de Maio, repercutindo em precipitações intensas neste dia e no dia anterior, e gerando vazão de 238 m³/s em Caconde no dia 1º de Junho e 437,9 m³/s em Mogi no dia 2 de Junho. Novamente, devido às questões hidrográficas, a resposta a este episódio pluvial chegou posteriormente ao ponto de Pradópolis, que registrou volume máximo dia 5 de Junho no rio Pardo (720,6 m³/s) e dia 9 no rio Mogi (858,8 m³/s).

Durante o período do **inverno** foi possível verificar uma participação intensa das correntes de sul, que ganharam intensidade com o declínio das temperaturas e avanço dos sistemas polares que passaram a atuar na região. A participação dos sistemas polares (MPA +

MPV) no trimestre foi de 39,7% em Caconde, 40,2% Mogi e 40,8% em Pradópolis, e por terem sua origem associada ao Anticiclone Polar Atlântico, possuem características de “tipos de tempo” estáveis e de rápido declínio da temperatura.

O deslocamento dos sistemas polares pelo continente, ao longo do tempo, faz com que perca suas características originais, “envelhecendo” e adquirindo características de sistemas tropicais. Neste sentido, a participação dos sistemas tropicais (MTA e MTAC) com tendência à estabilidade, associados à baixa ocorrência de perturbações ou LI, foi de 35,3% em Caconde e Pradópolis, e 34,8% em Mogi.

A gênese pluvial, como já era de se esperar pelas informações descritas acima, tornou-se quase que exclusivamente frontal neste período (89,4%, 91% e 94,8% em Caconde, Mogi e Pradópolis respectivamente), tendo no eixo principal da FPA o maior índice de participação, sendo este 50,8% em Caconde, 63,9% Mogi e 58,7% Pradópolis no volume total precipitado (341,9 mm, 277,4 mm e 301 mm, respectivamente). Ainda, a participação da FPA estacionária (EST – 18,3%, 14% e 29,4%, respectivamente) e FPA com setor quente retido no continente (QTE - 14,4%, 12,9% e 5,7%, respectivamente) na gênese se mostrou significativa, porém com menores volumes de chuva.

Verificou-se no primeiro trimestre de Julho uma alternância entre os sistemas tropicais de oeste e leste, estabilizando as condições de tempo, entretanto foram sucedidos nos dias 17 a 21 por uma forte atividade frontal, cujo embate entre o avanço da FPA e o setor quente de retorno (QTE) possibilitou estacionamento deste sistema (EST), gerando tempo instável e precipitação nestes dias. Tal episódio foi sucedido pelo avanço de ar frio do sul, que rebaixou as temperaturas e estabilizou as condições atmosféricas durante um longo período, registrando nele alguns avanços frontais, porém sem grandes instabilidades ou registro de chuvas.

A sucessão descrita acima permitiu que quase todo o mês de Agosto ficasse sob a atuação de sistemas polares (MPA e MPV) e/ou tropicais (MTA e MTAC), estabilizando o tempo e não provocando chuva. Nestas condições, verificou-se uma diminuição acentuada da vazão dos rios Pardo (Caconde e Pradópolis) e Mogi (Caconde e Pradópolis), podendo caracterizar-se como um período de estiagem, todavia de baixa intensidade devido ao primeiro semestre muito chuvoso. Os volumes mínimos de vazão no ano foram registrados dias 29 a 31 de Agosto no rio Pardo (40 m³/s – UHE Caconde), 1º de Setembro no rio Mogi (82,1 m³/s – Pádua Salles) e dias 16 de Agosto no Pardo (163,4 m³/s – Faz. Bela Vista) e 4 de Setembro no Mogi (230,8 m³/s - Passagem) próximos à confluência. Já no mês de Setembro,

com novos avanços da FPA sobre a região, foi possível registrar significativos volumes de chuva e recarga na vazão dos rios da bacia.

A **primavera** deste ano apresentou importante atuação das correntes de sul, todavia contrastando com a atuação de sistemas de leste (MTA) e oeste (MTC), algumas vezes gerando calhas e linhas de instabilidade sobre a região. Essa atuação resultou em uma participação dos sistemas tropicais no período de 46,2% em Caconde, 46,7% Mogi e 44% Pradópolis.

Entretanto, a região foi palco de intensas passagens frontais no período, que em contraste aos sistemas tropicais atuantes, reduziram a influência que vinha sendo exercida particularmente pelo eixo principal da FPA, e resultaram em uma gênese das chuvas de características frontais em 88,7% do volume total das em Caconde, 91,7% em Mogi e 76,6% no ponto de Pradópolis. Destacou-se a importante participação do eixo principal da FPA (24,9%, 26,1% e 25,9%, respectivamente), se eu estacionamento (EST – 18,6%, 14,8% e 19,4%, respectivamente) e do setor quente de retorno (QTE – 30,2%, 32,2% e 20,7%, respectivamente).

Neste período se observou dois grandes “picos” na vazão do mês de Dezembro, sendo um deles de maior intensidade no rio Mogi. O primeiro deles relaciona-se aos dias 16 e 17, período posterior a uma forte atuação de sistemas frontais especialmente entre os dias 11 a 15, no embate entre o eixo principal da FPA e o setor quente de retorno (QTE) que repercutiu na atuação da FPA estacionária (EST) até sua dissipação no final do dia 15, chovendo ao longo de todo o período. No dia 15 foi registrada a vazão de 493 m³/s no rio Pardo (UHE Caconde) e no dia 16, 391,5 m³/s no rio Mogi (Pádua Salles). O segundo deles derivou de um avanço da FPA semelhante ao primeiro, episódio que gerou uma FPA estacionária (EST) no dia 24, possivelmente com maior repercussão ao sul do estado, e vazão do dia 25 de Dezembro de 272 m³/s no rio Pardo e 420,1 m³/s no rio Mogi. O posto Pradópolis registrou aumento significativo nas vazões do Pardo e Mogi na segunda quinzena de Dezembro, tendo “picos” de 764,2 m³/s (dia 19) e 929m³/s (dia 31), respectivamente. Tais volumes elevados no mês de Dezembro de 1983 serão levados em consideração ao analisar o “ano-padrão” de 1984, posteriormente.

Em síntese, a forte atividade dos sistemas de sul neste ano favoreceu inúmeros choques frontais, estes responsáveis pelo elevado volume de chuvas acumulado ao longo de todos os trimestres, em especial no verão. As chuvas estiveram muito associadas aos avanços do eixo principal da FPA, embora os inúmeros choques frontais oriundos do setor quente de

retorno (QTE) e do estacionamento destes sistemas (EST) tenham contribuído para a *excepcionalidade* das chuvas no ano analisado, cadeias de tipos de tempo que contribuíram para vários dias em sequência de elevada pluviosidade e vieram precedentes a todos os “picos” registrados na vazão dos principais rios da bacia.

5.4.2. “Ano-Padrão” de 1984 (seco)

Os gráficos de *Análise Rítmica* elaborados e analisados em escala diária para o ano de 1984 podem ser conferidos nos Apêndices F, G e H, relativos aos pontos de análise Caconde, Mogi e Pradópolis, respectivamente. As Tabelas 12 a 17 sintetizam a participação dos sistemas atmosféricos no trimestre e a gênese das chuvas associadas a tais sistemas, assim como os gráficos de participação e gênese podem ser visualizados na Figura 30.

Tabela 12 – Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1984 para Caconde.

1984		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES		
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC
Ver.	dias	3,5	2	0,5	1,5	6,5	2	32,5	12	9,5	9,5	5,5	1	5	0
	%	3,9%	2,2%	0,6%	1,7%	7,2%	2,2%	36,1%	13,3%	10,6%	10,6%	6,1%	1,1%	5,6%	0,0%
Out.	dias	7,5	6,5	0	0	3	4	18	3	16	2,5	4	15,5	11	0
	%	8,2%	7,1%	0,0%	0,0%	3,3%	4,4%	19,8%	3,3%	17,6%	2,7%	4,4%	17,0%	12,1%	0,0%
Inv.	dias	10,5	2,5	0	0	3,5	3	13,5	1,5	14,5	4,5	1,5	26	11	0
	%	11,4%	2,7%	0,0%	0,0%	3,8%	3,3%	14,7%	1,6%	15,8%	4,9%	1,6%	28,3%	12,0%	0,0%
Prim.	dias	10	1,5	0	0	5	9	15,5	7,5	15	10	7,5	2,5	8,5	0
	%	10,9%	1,6%	0,0%	0,0%	5,4%	9,8%	16,8%	8,2%	16,3%	10,9%	8,2%	2,7%	9,2%	0,0%
Total	dias	31,5	12,5	0,5	1,5	18	18	79,5	24	55	26,5	18,5	45	35,5	0
	%	8,6%	3,4%	0,1%	0,4%	4,9%	4,9%	21,7%	6,6%	15,0%	7,2%	5,1%	12,3%	9,7%	0,0%

Tabela 13 – Gênese Pluvial em 1984 para Caconde.

1984		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES			TOTAL
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC	
Ver.	mm	43,0	31,5	0,0	13,4	104,1	37,5	20,8	68,7	0,3	0,1	25,3	0,0	3,7	0,0	348,2
Out.	mm	69,2	38,2	0,0	0,0	6,5	16,0	1,1	8,1	0,0	0,5	25,4	0,0	0,1	0,0	165,0
Inv.	mm	152,1	29,0	0,0	0,0	0,1	5,8	15,7	0,0	0,0	0,4	0,0	1,4	0,4	0,0	204,9
Pri.	mm	212,8	61,8	0,0	0,0	60,1	128,4	17,8	42,7	0,0	10,4	70,1	0,0	5,7	0,0	609,6
Tot.	mm	477,1	160,4	0,0	13,4	170,7	187,7	55,4	119,5	0,3	11,4	120,7	1,4	9,9	0,0	1327,7

Tabela 14 – Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1984 para Mogi.

1984		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES		
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC
Ver.	dias	3,5	2,5	0,5	1,5	6	2,5	29	11,5	12,5	8	7,5	1	5	0
	%	3,9%	2,8%	0,6%	1,7%	6,7%	2,8%	32,2%	12,8%	13,9%	8,9%	8,3%	1,1%	5,6%	0,0%
Out.	dias	7,5	6,5	0	0	3	3,5	18	3	16	2,5	4	15,5	11,5	0
	%	8,2%	7,1%	0,0%	0,0%	3,3%	3,8%	19,8%	3,3%	17,6%	2,7%	4,4%	17,0%	12,6%	0,0%
Inv.	dias	10,5	2,5	0	0	4	2,5	12,5	1,5	15	4,5	1,5	26,5	11	0
	%	11,4%	2,7%	0,0%	0,0%	4,3%	2,7%	13,6%	1,6%	16,3%	4,9%	1,6%	28,8%	12,0%	0,0%
Prim.	dias	10	2	0	0	5,5	8,5	15	7,5	14,5	10	7,5	3	8,5	0
	%	10,9%	2,2%	0,0%	0,0%	6,0%	9,2%	16,3%	8,2%	15,8%	10,9%	8,2%	3,3%	9,2%	0,0%
Total	dias	31,5	13,5	0,5	1,5	18,5	17	74,5	23,5	58	25	20,5	46	36	0
	%	8,6%	3,7%	0,1%	0,4%	5,1%	4,6%	20,4%	6,4%	15,8%	6,8%	5,6%	12,6%	9,8%	0,0%

Tabela 15 – Gênese Pluvial em 1984 para Mogi.

1984		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES			TOTAL
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC	
Ver.	mm	58,6	19,5	0,0	53,3	58,7	25,8	0,8	35,2	0,3	0,0	30,6	0,0	0,0	0,0	282,6
Out.	mm	21,1	58,5	0,0	0,0	42,8	4,7	0,0	30,8	0,0	0,0	6,0	0,6	0,0	0,0	164,3
Inv.	mm	156,6	14,4	0,0	0,0	6,2	0,6	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0	0,0	213,2
Pri.	mm	170,2	26,0	0,0	0,0	11,8	143,8	0,0	22,6	0,0	0,2	25,3	0,0	0,0	0,0	399,7
Tot.	mm	406,4	118,3	0,0	53,3	119,4	174,8	15,2	88,6	0,3	0,2	61,9	21,6	0,0	0,0	1059,8

Tabela 16 – Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1984 para Pradópolis.

1984		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES		
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC
Ver.	dias	3	1,5	0,5	1,5	5,5	2,5	26	12	13,5	12,5	7	1	4,5	0
	%	3,3%	1,7%	0,6%	1,7%	6,1%	2,8%	28,9%	13,3%	15,0%	13,9%	7,8%	1,1%	5,0%	0,0%
Out.	dias	7,5	6,5	0	0	2,5	4	18	3	16	2,5	4	15,5	11,5	0
	%	8,2%	7,1%	0,0%	0,0%	2,7%	4,4%	19,8%	3,3%	17,6%	2,7%	4,4%	17,0%	12,6%	0,0%
Inv.	dias	10,5	2	0	0	3,5	2	12	1,5	16,5	4,5	1,5	27	11	0
	%	11,4%	2,2%	0,0%	0,0%	3,8%	2,2%	13,0%	1,6%	17,9%	4,9%	1,6%	29,3%	12,0%	0,0%
Prim.	dias	10	2,5	0	0	5	7,5	16,5	7	15	10,5	7,5	2,5	8	0
	%	10,9%	2,7%	0,0%	0,0%	5,4%	8,2%	17,9%	7,6%	16,3%	11,4%	8,2%	2,7%	8,7%	0,0%
Total	dias	31	12,5	0,5	1,5	16,5	16	72,5	23,5	61	30	20	46	35	0
	%	8,5%	3,4%	0,1%	0,4%	4,5%	4,4%	19,8%	6,4%	16,7%	8,2%	5,5%	12,6%	9,6%	0,0%

Tabela 17 – Gênese Pluvial em 1984 para Pradópolis.

1984		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES			TOTAL
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC	
Ver.	mm	14,0	10,7	0,0	43,3	76,4	88,9	2,6	102,0	0,1	0,3	21,4	0,3	0,0	0,0	359,9
Out.	mm	30,9	35,4	0,0	0,0	47,3	7,3	2,9	20,7	0,1	0,0	0,9	0,9	0,0	0,0	146,3
Inv.	mm	127,0	10,8	0,0	0,0	0,4	2,1	15,9	0,0	0,0	1,3	0,0	1,2	0,0	0,0	158,6
Pri.	mm	201,9	7,6	0,0	0,0	19,0	51,5	0,0	22,7	0,0	0,0	56,1	0,0	1,7	0,0	360,4
Tot.	mm	373,7	64,4	0,0	43,3	143,1	149,8	21,4	145,4	0,2	1,6	78,4	2,4	1,7	0,0	1025,2

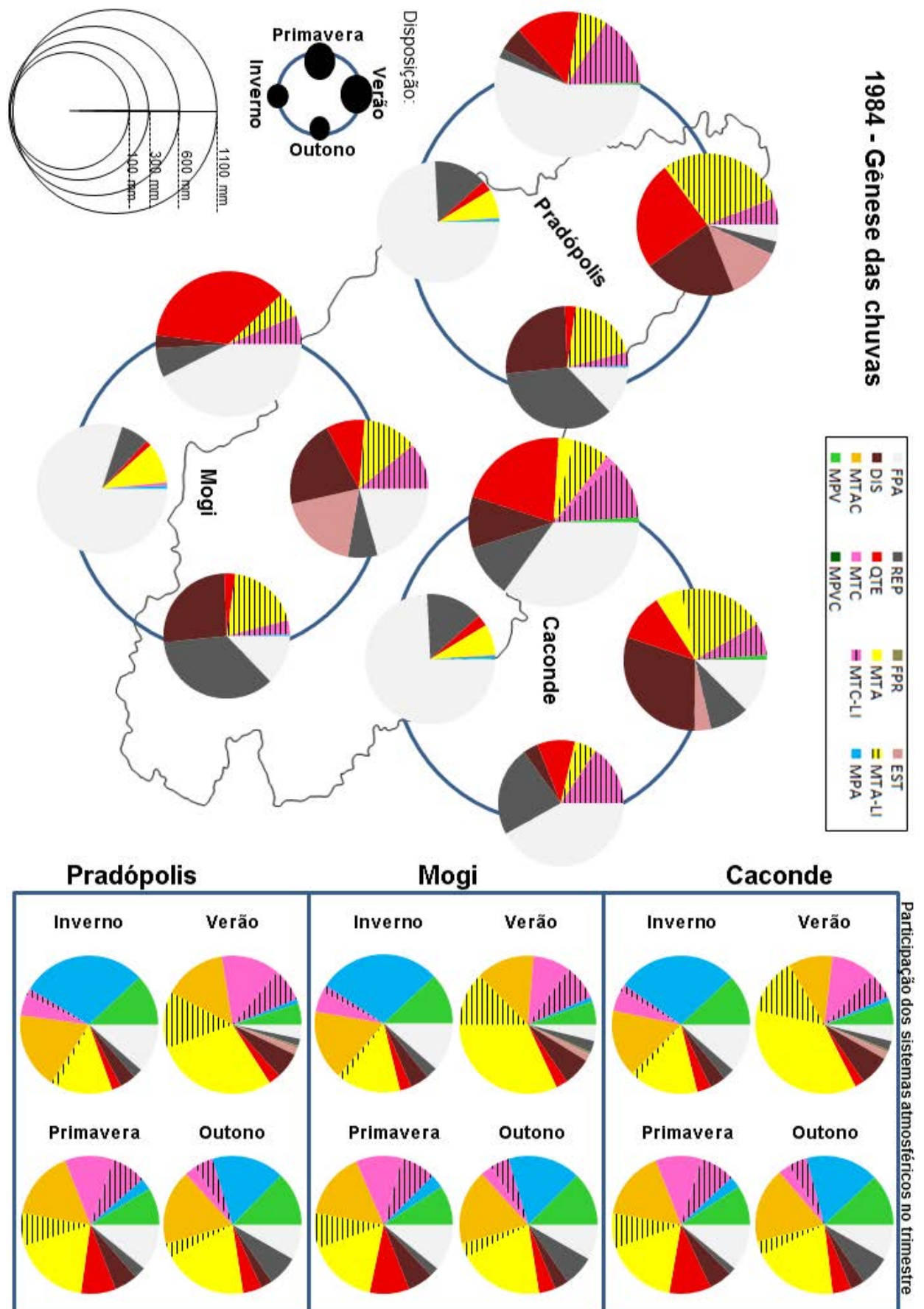


Figura 30 – Participação dos sistemas atmosféricos e gênese das chuvas no ano de 1984.

Organização: FONTÃO, P.A.B. (2014)

O **verão** de 1984 mostrou-se bem diferente do mesmo período no ano anterior, apresentando no seu ritmo diário uma menor participação dos sistemas frontais, que atuaram durante somente 17,8% do trimestre analisado para Caconde, 18,3% em Mogi e 16,1% em Pradópolis, resultando em uma porcentagem menor da gênese do volume das chuvas (65,9%, 76,3% e 64,8%, respectivamente), apesar da instabilidade e grande dinamismo gerado por estes sistemas. Assim, tal período trimestral que habitualmente provoca maiores volumes de chuva na bacia – em relação ao outono e inverno – resultou em baixos índices de precipitação, totalizando 348,2 mm em Caconde, 282,6 mm em Mogi e 359,9 mm em Pradópolis.

Da análise *rítmica* foi possível verificar uma forte atuação das correntes de leste (MTA e MTAC, principalmente) que estabilizaram as condições atmosféricas da região por grande parte do período, sequência resultante em tipos de tempo estáveis, baixa precipitação e temperatura elevada. Destaca-se o segundo trimestre de Janeiro que se mostrou mais chuvoso e instável em relação ao restante do período devido à atuação oscilante de correntes advindas do sul do continente e do setor quente retido no continente (QTE), permitindo ainda o estacionamento destes sistemas (EST).

Neste sentido, a vazão das drenagens apesar de iniciar o ano com um volume elevado, derivado do ano anterior, se mostrou de maneira geral menor e menos volumosa em relação ao ano de 1983, com a ocorrência de somente um “pico” no período do verão, correspondente ao final do mês de Janeiro. Tal período, que já registra elevação das vazões a partir do dia 24, deriva da atuação anterior do setor quente de retorno no continente (QTE) e instabilidades geradas pelo avanço de sistemas de sul desde a noite do dia 21. O estacionamento da FPA (EST) entre os dias 26 e 27 repercutiu em maiores índices de precipitação, em especial ao sul da região da bacia, elevando gradualmente a vazão. No rio Pardo (UHE Caconde) o volume de vazão atingiu 133 m³/s no dia 24 e no rio Mogi (Pádua Salles) chegou a 318,7 m³/s no dia 29. Já em Pradópolis, dia 27 chegou a atingir 479,9 m³/s no rio Pardo e no dia foram registrados 572,5 m³/s no rio Mogi.

No **outono**, a atuação das correntes de leste enfraqueceu a passagem de sistemas frontais, apresentando uma alta participação de sistemas tropicais (47,8% para os três pontos) sobre a região da bacia, prevalecendo tempo estável e baixa umidade a maior parte do período. A atuação dos sistemas polares, apesar de *habituais* para o período, foi de 29,1% em Caconde e 29,7% em Mogi e Pradópolis, e os sistemas frontais atuaram 23,1% em Caconde e 22,5% nos outros dois pontos.

As chuvas se mostraram pouco intensas e má distribuídas no período, precipitando somente 165,3 mm em Caconde, 164,3 mm Mogi e 146,3 mm Pradópolis. A gênese de tais episódios, considerando-se o baixo volume total, teve participação frontal de 78,7%, 77,2% e 82,6% respectivamente, em sua maioria do eixo principal da FPA (41,9%, 12,8% e 21,1%) ou de sua repercussão (REP – 23,1%, 35,6% e 24,2%) e dissipação (DIS – 3,9%, 26% e 32,3%).

Por se tratar de um período pouco chuvoso e mal distribuído, pois não foram registradas chuvas após o dia 18 de Maio, é possível observar na dinâmica das drenagens um período de estiagem, com diminuição gradual do volume de vazão ao longo dos dias. Apesar da forte estiagem se iniciar em Maio, ela se estende até o mês de Julho, portanto tal análise deste episódio será detalhada a seguir, no período do inverno.

O **inverno** apresentou uma maior participação das correntes de sul, que ganharam força e permitiram o avanço e atuação do anticiclone migratório polar na região. Neste sentido, os sistemas polares (MPA e MPV) predominaram (40,2% do período em Caconde, 40,8% Mogi e 41,3% em Pradópolis), mantendo o tempo estável e contribuindo para a baixa precipitação. A atuação de sistemas tropicais de leste (MTA e MTAC) teve significativa atuação (38,6%, 38% e 39,1%, respectivamente), em especial no mês de Julho, contribuindo para a longa estiagem iniciada em Maio.

Entretanto, apesar da baixa participação dos sistemas frontais (atuaram 21,2% do período em Caconde e Mogi e 19,6% em Pradópolis), que resultaram em baixos índices de precipitação, citando como exemplo 204,9 mm em Caconde (213,2 mm em Mogi e 158,6 mm em Pradópolis), tais avanços frontais foram responsáveis pela gênese de 91,3% das chuvas em Caconde, 83,4% em Mogi e 88,4% em Pradópolis. No período da passagem das frentes frias foi possível verificar uma atuação curta de tais sistemas, repercutindo quase todas as chuvas no eixo principal da FPA, que gerou 74,2%, 74,4% e 80% do total de milímetros registrados, respectivamente para as áreas citadas anteriormente.

A longa estiagem iniciada no mês de Maio se estendeu por um período superior a dois meses, da qual predominou a atuação de sistemas atmosféricos estáveis de leste (MTA e MTAC) e de sul (MPA e MPV). Tais sistemas repercutiram em tipos de tempo com muitas horas de insolação diária e baixa umidade relativa, em especial no mês de Julho. O avanço de sistemas frontais neste período pouco repercutiu na bacia, não gerando chuvas significativas e permitindo uma diminuição gradual do volume da vazão dos rios Pardo e Mogi, atingindo até o início de Agosto o menor registro entre os dias 29 de Julho a 2 de Agosto na UHE Caconde (23 m³/s) e 27 de Julho (36,8 m³/s) em Pádua Salles (Mogi). Próximo à confluência dos rios, o

menor volume até o tal período foi registrado dia 31 de Julho, sendo de 123,8 m³/s no posto Faz. Bela Vista (rio Pardo) e 136,5 m³/s em Passagem (rio Mogi).

Todavia, as chuvas registradas nos meses de Agosto e Setembro não se mostraram suficientes para uma grande recarga nos rios, pois volumes ainda menores de vazão foram registrados ao longo da passagem destes meses (por exemplo, o dia 19 de Agosto, que registrou 21 m³/s na UHE Caconde e 35,9 m³/s em Pádua Salles), e se mantiveram em uma tendência a declínio, apesar de algumas precipitações recomponem parcialmente o nível, até o mês de Novembro, período da primavera que será analisado a seguir.

No início da **primavera** se verificou uma intensa participação de sistemas tropicais relacionados às correntes de leste e oeste (MTA, MTAC e MTC), atuação de destaque principalmente no mês de Outubro, de menor precipitação no trimestre. Tal participação destes sistemas, em alguns casos associados às linhas de instabilidade (LI), correspondeu a 60,3% do período total em Caconde, 59,2% Mogi e 61,4% Pradópolis. Já a atuação dos sistemas frontais, que ganharam força a partir do mês de Novembro, participou de 27,7%, 28,3% e 27,2% do período de tempo total, respectivamente.

As chuvas registradas no período concentraram-se nos dois últimos meses, alcançando um volume total precipitado de 609,6 mm em Caconde, 399,7 mm em Mogi e 360,4 mm, se destacando nas três localidades como o trimestre mais chuvoso do ano. A gênese destes episódios está relacionada 75,9%, 88% e 77,7% (Caconde, Mogi e Pradópolis, respectivamente) à atuação de sistemas frontais, destacando-se o eixo principal da FPA (34,9%, 42,6% e 56%, respectivamente) e o setor quente de retorno no continente (QTE – 21,1%, 36% e 14,3%, respectivamente), que tiveram sua atuação intensificada no final do ano.

Devido ao mês de Outubro ter contribuído muito pouco na precipitação do trimestre, e sob forte atuação das massas tropicais atlântica (MTA) e atlântica continentalizada (MTAC), que mantiveram a umidade relativa do ar baixa e estabilizaram o tempo atmosférico, a vazão dos principais rios da bacia que já se mantinha baixa prosseguiu numa tendência de declínio até atingir os menores níveis de vazão do ano no mês de Novembro. Neste sentido, a menor vazão registrada em 1984 na UHE Caconde (rio Pardo) foi de 14 m³/s nos dias 5 e 6 de Novembro, em Pádua Salles (rio Mogi) o menor volume foi de 21,9 m³/s no dia 10 do mesmo mês. Para o ponto de análise Pradópolis, se registrou 104,2 m³/s no rio Pardo (Faz. Bela Vista) no dia 11 de Novembro e 90,6 m³/s no dia 4 do mesmo mês para o rio Mogi (Passagem).

As correntes de sul que passaram a atuar na bacia em Novembro e Dezembro, gerando instabilidade, permitiram uma recuperação dos volumes dos rios (e aumento da vazão) e foi possível identificar um pequeno “pico” de vazão no início da segunda quinzena de Dezembro, posterior a dois episódios seguidos de avanço do eixo principal da FPA e atuação do setor quente de retorno (QTE). Em Caconde, foi registrado nos dias 18 e 19 uma vazão do rio Pardo de 136 m³/s, em Mogi se verificou no dia 15 no Mogi-Guaçu 199,2 m³/s e em Pradópolis o máximo registado em Dezembro foi de 349,9 m³/s dia 17 no rio Pardo e 388,7 m³/s dia 20 no ponto de coleta do rio Mogi.

Em síntese, para o ano de 1984 houve uma menor atuação de sistemas frontais se comparado ao ano anterior, principalmente se analisado os três primeiros trimestres, pouco chuvosos. Neste ano, houve uma influente participação das massas tropicais (MTA, MTAC e MTC) durante a maior parte do período (55,8% em Caconde, 55,2% para Mogi e 56,7% em Pradópolis), apresentando ainda, no inverno, forte presença dos sistemas polares (MTA e MPV). Tal dinâmica acarretou em um verão, outono e inverno pouco chuvosos que influenciaram numa tendência ao decréscimo das vazões na bacia. Os avanços frontais sobre a região nos meses de Novembro e Dezembro findaram a estiagem, provocando um aumento no volume das chuvas, estas habitualmente esperadas para a primavera.

5.4.3. “Ano-Padrão” de 1989 (habitual)

Os gráficos de *Análise Rítmica* elaborados e analisados em escala diária para o ano de 1989 podem ser conferidos nos Apêndices I, J e K, relativos aos pontos de análise Caconde, Mogi e Pradópolis, respectivamente. As Tabelas 18 a 23 sintetizam a participação dos sistemas atmosféricos no trimestre e a gênese das chuvas associadas a tais sistemas, assim como os gráficos de participação e gênese podem ser visualizados na Figura 31.

O **verão** deste ano apresentou uma forte atuação de sistemas tropicais de leste e oeste sobre a região, atuando sobre a maior parte dos dias. Em Caconde e Pradópolis, a participação intertropical chegou a 73,9% de todo o trimestre, porcentagem não muito distante de Mogi, com 72,8%. Tal dinâmica esteve associada principalmente à atuação da massa tropical atlântica (MTA), que participou de 50,6% de toda a estação para Caconde e Mogi, e 47,8% em Pradópolis, em alguns casos associada ainda às linhas de instabilidades (LI).

Tabela 18 – Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1989 para Caconde.

1989		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES		
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC
Ver.	dias	8,5	3,5	0,5	0,5	3,5	5,5	34,5	11	2,5	10	8,5	0	1,5	0
	%	9,4%	3,9%	0,6%	0,6%	3,9%	6,1%	38,3%	12,2%	2,8%	11,1%	9,4%	0,0%	1,7%	0,0%
Out.	dias	9,5	1	0	0	6	3	20,5	0,5	6	8,5	1	25,5	9,5	0
	%	10,4%	1,1%	0,0%	0,0%	6,6%	3,3%	22,5%	0,5%	6,6%	9,3%	1,1%	28,0%	10,4%	0,0%
Inv.	dias	7,5	3,5	0,5	0	4,5	5	8,5	2	15	5,5	2	25,5	10	2,5
	%	8,2%	3,8%	0,5%	0,0%	4,9%	5,4%	9,2%	2,2%	16,3%	6,0%	2,2%	27,7%	10,9%	2,7%
Prim.	dias	15,5	0,5	0,5	2	6	5	17	4,5	13,5	17	1,5	2	7	0
	%	16,8%	0,5%	0,5%	2,2%	6,5%	5,4%	18,5%	4,9%	14,7%	18,5%	1,6%	2,2%	7,6%	0,0%
Total	dias	41	8,5	1,5	2,5	20	18,5	80,5	18	37	41	13	53	28	2,5
	%	11,2%	2,3%	0,4%	0,7%	5,5%	5,1%	22,1%	4,9%	10,1%	11,2%	3,6%	14,5%	7,7%	0,7%

Tabela 19 – Gênese Pluvial em 1989 para Caconde.

1989		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES			TOTAL
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC	
Ver.	mm	187,4	57,3	1,2	12,9	39,2	147,3	7,7	90,1	0,3	13,5	77,0	0,0	0,7	0,0	634,5
Out.	mm	56,9	0,0	0,0	0,0	12,0	13,9	0,2	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	83,4
Inv.	mm	96,3	0,0	10,6	0,0	13,4	61,0	0,2	2,7	0,0	0,9	1,3	1,3	0,0	0,0	187,6
Pri.	mm	236,7	5,8	57,1	111,3	59,8	138,2	0,6	54,0	0,0	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	676,0
Tot.	mm	577,3	63,0	68,9	124,2	124,3	360,4	8,7	147,1	0,3	27,2	78,3	1,3	0,7	0,0	1581,5

Tabela 20 – Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1989 para Mogi.

1989		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES		
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC
Ver.	dias	8,5	3,5	1	0,5	4	5,5	35	10,5	2	10,5	7,5	0	1,5	0
	%	9,4%	3,9%	1,1%	0,6%	4,4%	6,1%	38,9%	11,7%	2,2%	11,7%	8,3%	0,0%	1,7%	0,0%
Out.	dias	9	2,5	0	0	6	3	19,5	0,5	5	8,5	1	26	10	0
	%	9,9%	2,7%	0,0%	0,0%	6,6%	3,3%	21,4%	0,5%	5,5%	9,3%	1,1%	28,6%	11,0%	0,0%
Inv.	dias	9	3	0,5	0	4	4	8,5	1	15	4,5	3	26,5	10	3
	%	9,8%	3,3%	0,5%	0,0%	4,3%	4,3%	9,2%	1,1%	16,3%	4,9%	3,3%	28,8%	10,9%	3,3%
Prim.	dias	15,5	0,5	0,5	2	5,5	4	17	3,5	14	18,5	1	2	8	0
	%	16,8%	0,5%	0,5%	2,2%	6,0%	4,3%	18,5%	3,8%	15,2%	20,1%	1,1%	2,2%	8,7%	0,0%
Total	dias	42	9,5	2	2,5	19,5	16,5	80	15,5	36	42	12,5	54,5	29,5	3
	%	11,5%	2,6%	0,5%	0,7%	5,3%	4,5%	21,9%	4,2%	9,9%	11,5%	3,4%	14,9%	8,1%	0,8%

Tabela 21 – Gênese Pluvial em 1989 para Mogi.

1989		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES			TOTAL
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC	
Ver.	mm	215,9	63,0	31,8	7,3	54,9	166,8	6,3	56,2	0,0	0,0	63,2	0,0	0,0	0,0	665,3
Out.	mm	64,2	7,5	0,0	0,0	7,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	82,9
Inv.	mm	130,3	1,1	6,4	0,0	9,6	13,0	0,0	14,3	0,0	0,0	15,0	1,1	0,8	0,0	191,5
Pri.	mm	191,5	5,4	28,6	75,9	44,4	12,7	0,0	13,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	371,7
Tot.	mm	601,9	77,0	66,8	83,2	115,9	195,9	6,3	83,5	0,0	0,6	78,2	1,1	1,3	0,0	1311,4

Tabela 22 – Atuação geral dos sistemas atmosféricos em 1989 para Pradópolis.

1989		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES		
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC
Ver.	dias	6,5	4	1	0,5	3,5	6,5	33,5	9,5	5	11	7,5	0	1,5	0
	%	7,2%	4,4%	1,1%	0,6%	3,9%	7,2%	37,2%	10,6%	5,6%	12,2%	8,3%	0,0%	1,7%	0,0%
Out.	dias	9	2	0	0	6,5	3	18,5	0	7,5	8	1	26	9,5	0
	%	9,9%	2,2%	0,0%	0,0%	7,1%	3,3%	20,3%	0,0%	8,2%	8,8%	1,1%	28,6%	10,4%	0,0%
Inv.	dias	8	4	0,5	0	4,5	3,5	8	1	18	6,5	2,5	24,5	8,5	2,5
	%	8,7%	4,3%	0,5%	0,0%	4,9%	3,8%	8,7%	1,1%	19,6%	7,1%	2,7%	26,6%	9,2%	2,7%
Prim.	dias	15,5	1	0,5	2,5	6	3,5	13	5	14,5	20	1,5	2	7	0
	%	16,8%	1,1%	0,5%	2,7%	6,5%	3,8%	14,1%	5,4%	15,8%	21,7%	1,6%	2,2%	7,6%	0,0%
Total	dias	39	11	2	3	20,5	16,5	73	15,5	45	45,5	12,5	52,5	26,5	2,5
	%	10,7%	3,0%	0,5%	0,8%	5,6%	4,5%	20,0%	4,2%	12,3%	12,5%	3,4%	14,4%	7,3%	0,7%

Tabela 23 – Gênese Pluvial em 1989 para Pradópolis.

1989		FRONTAIS						TROPICAIS					POLARES			TOTAL
		FPA	REP	FPR	EST	DIS	QTE	MTA	MTA-LI	MTAC	MTC	MTC-LI	MPA	MPV	MPVC	
Ver.	mm	135,4	67,7	48,6	19,5	52,4	185,0	21,3	183,3	0,4	3,4	82,0	0,0	0,3	0,0	799,2
Out.	mm	121,8	24,4	0,0	0,0	29,4	9,5	0,1	0,0	0,0	0,1	4,7	0,0	0,0	0,0	189,9
Inv.	mm	133,7	3,2	5,3	0,0	7,0	17,8	0,6	3,7	0,0	0,3	2,1	0,6	0,0	0,0	174,2
Pri.	mm	184,1	13,0	6,9	66,7	98,4	59,2	0,0	66,6	0,0	13,6	0,8	0,0	0,3	0,0	509,4
Tot.	mm	574,9	108,2	60,8	86,2	187,2	271,5	22,0	253,6	0,4	17,4	89,5	0,6	0,6	0,0	1672,7

Entretanto, o avanço de sistemas de instabilidade pelo sul do território, apesar da baixa participação percentual (24,4% para Caconde e Pradópolis e 25,6% em Mogi), foi responsável por 70,2%, 81,1% e 63,6% da gênese das chuvas no período para Caconde, Mogi e Pradópolis, cujo volume de precipitação acumulado no trimestre foi de 634,5 mm, 665,3 mm e 799,2 mm, respectivamente. Destaca-se a distribuição de chuvas associadas ao eixo principal da FPA e ao setor quente de retorno no continente (QTE), como geradoras de períodos de instabilidade na dinâmica atmosférica da bacia, além de uma importante atuação da MTA e MTC, associadas às LI, na gênese.

Da análise dinâmica dos rios Pardo e Mogi verificam-se três grandes períodos de “picos” neste verão, que apesar da vazão modesta se comparadas ao ano chuvoso de 1983, registraram volumes mais elevados que o ano de 1984. São eles: período entre 10 a 13 de Janeiro, 11 a 13 de Fevereiro e 16 a 17 de Março.

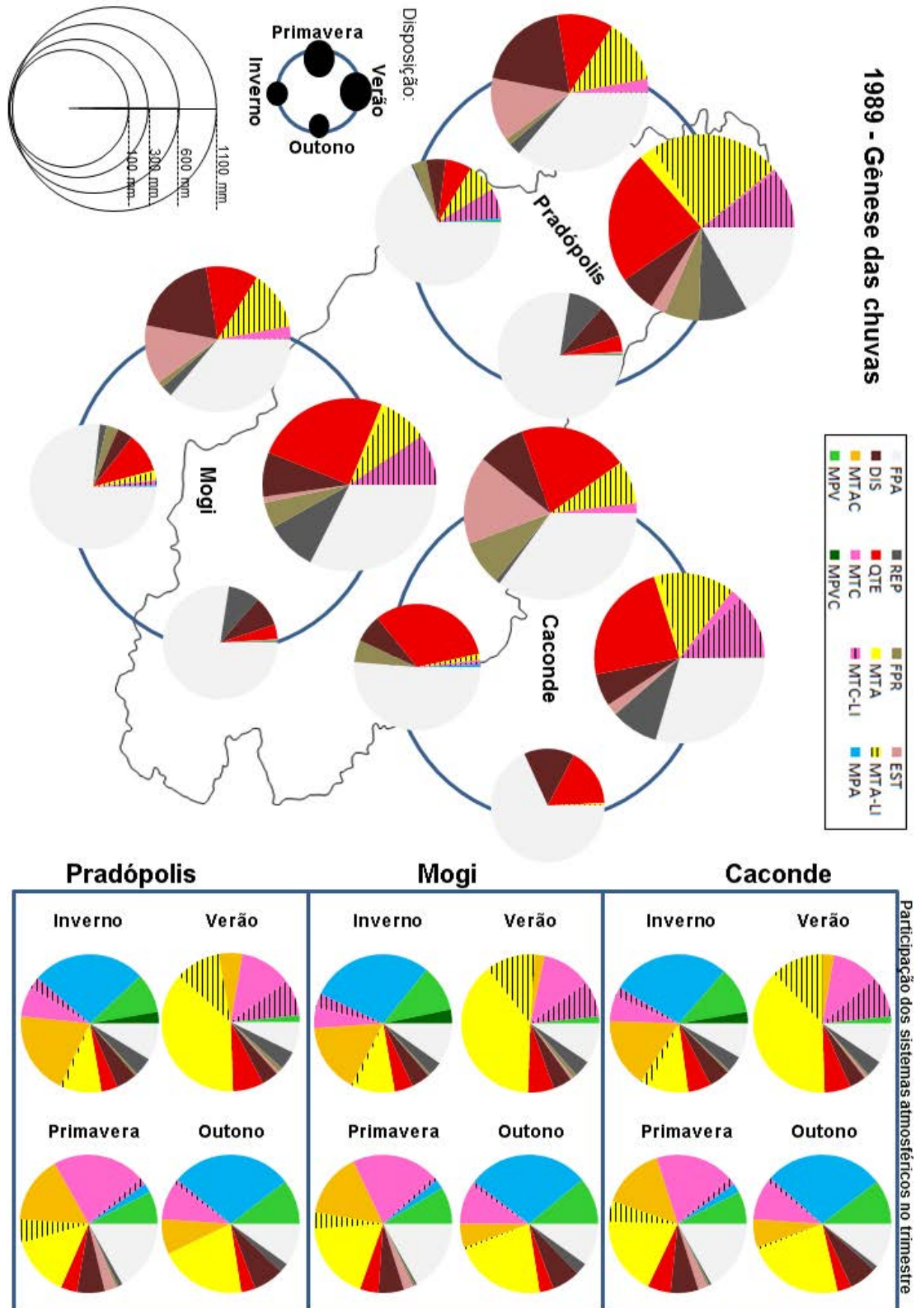


Figura 31 – Participação dos sistemas atmosféricos e gênese das chuvas no ano de 1989.

Organização: FONTÃO, P.A.B. (2014)

No mês de Janeiro, o primeiro destes episódios foi precedido pelo avanço do eixo principal da FPA no dia 5 e às linhas de instabilidade observadas na MTC que atuaram na área da bacia. Posteriormente, se observou uma forte variabilidade de sistemas tropicais na região, eventualmente associados ao setor quente de retorno no continente (QTE) que retardou o avanço da FPA. A precipitação que persistiu por vários dias elevou a vazão dos rios Pardo (UHE Caconde) no dia 10 a 239 m³/s e do rio Mogi (Pádua Salles) ao volume de 284,6 m³/s no dia 12. Nas proximidades de Pradópolis, próximo à confluência das duas principais drenagens da bacia, registrou-se o volume máximo dia 13 no rio Pardo (420,5 m³/s), elevação que também foi observada no rio Mogi, entretanto o volume máximo do mês ocorreu no dia 20 (582,4 m³/s), possivelmente relacionado às chuvas na porção sul da bacia.

Durante o mês de Fevereiro, se observou na noite do dia 8 um avanço do eixo principal da FPA sobre a MTC-LI que atuava na região, todavia a atuação do sistema QTE dificultou tal mobilidade, ocorrendo o estacionamento deste sistema de instabilidade (EST), repercutindo em dias chuvosos que tornaram possível um aumento na vazão hídrica regional. Neste sentido, foi registrado no dia 12 o valor médio de 152 m³/s no rio Pardo e 352,1 m³/s no rio Mogi, assim como uma repercussão máxima no dia 19 em Pradópolis (487,7 m³/s no Pardo e 863,4 m³/s no Mogi).

Para o mês de Março, o “pico” registrado nos dias 16 e 17 sucedeu posterior a um avanço de menor vigor da FPA no dia 13, que foi freado pela atuação do setor quente de retorno no continente (QTE), dissipando a partir da frontólise deste sistema no dia 16, dando sequência à sistemas de oeste (MTC e MTC-LI), e posteriormente leste (MTA). Os volumes de vazão média máxima registrada nos rios Pardo (UHE Caconde) e Mogi (Pádua Salles) foram, respectivamente, 161 m³/s no dia 17 e 332,5 m³/s no dia 16. Por fim, o “pico” máximo da vazão ocorreu dia 19 no posto Faz. Bela Vista (rio Pardo – 353,9 m³/s) e dia 25 em Passagem (rio Mogi – 670,6 m³/s).

No **outono** se observou uma atuação muito forte das correntes de sul, em especial nos meses de Maio e Junho, predominando na bacia tipos de tempo estáveis e queda acentuada na temperatura, esta associada ao avanço da massa polar atlântica (MPA). Neste sentido, a participação dos sistemas polares foi de 38,5%, 39,6% e 39% do tempo para Caconde, Mogi e Pradópolis, respectivamente. Ainda, contribuindo para a estabilidade atmosférica do período, a participação tropical foi de 40,1%, 37,9% e 38,5%, respectivamente. No decorrer do trimestre, associada à sucessão dos sistemas atmosféricos analisados, foi possível observar

pouca precipitação, registrando um volume acumulado de 83,4 mm, 82,9 mm e 189,9 mm, respectivamente.

Todavia, apesar da baixa atuação e permanência dos sistemas frontais no período (21,4% em Caconde e 22,5 para Mogi e Pradópolis), praticamente toda a chuva ocorrida foi associada ao avanço destes (99,3% em Caconde, 99% Mogi e 97,4% em Pradópolis), em especial destaca-se vigorosos avanços do eixo principal da FPA, esta responsável por 68,2%, 77,4% e 64,1% (Caconde, Mogi e Pradópolis, respectivamente) da gênese pluviométrica do trimestre.

A estabilidade atmosférica deste período contribuiu para uma estiagem que, apesar de ter sido registrada chuvas em todos os meses do outono/inverno, foram pouco intensas para a recuperação dos volumes hídricos, apresentando assim uma tendência de queda na vazão durante todo o outono e se mantendo até o final de Julho, episódio que será descrito no trimestre a seguir.

O **inverno** se manteve sob a intensa participação das correntes de sul sobre a região da bacia (MPA e MPV), que associadas às de leste (MTA e MTAC), mantiveram tipos de tempo estáveis e de baixa umidade relativa do ar. Neste período, a participação de sistemas polares, tropicais e frontais foi de, respectivamente, 41,3%, 35,9% e 22,8% em Caconde, 42,9%, 34,8% e 22,3% em Mogi e 38,6%, 39,1% e 22,3% em Pradópolis.

Novamente nesse trimestre, o volume total acumulado nos pluviômetros foi muito baixo, sendo de 187 mm em Caconde, 191,5 mm em Mogi e 174,2 mm para Pradópolis, e a participação frontal foi responsável por praticamente todas as chuvas registradas (96,6%, 83,8% e 95,8%, respectivamente). Assim como, a participação do eixo principal da FPA (51,3%, 68% e 76,7%) se mostrou muito influente na gênese destes episódios, porém com volumes mais baixos.

O período de estiagem iniciado no Outono se manteve durante o mês de Julho, mantendo o tempo seco e estável associados principalmente às MPA e MTAC até o final do mês, na qual avançou sobre a região um sistema frontal que gerou chuvas significativas na bacia. As vazões mínimas registradas em Julho foram feitas dias 21 e 22 em Caconde (22 m³/s no rio Pardo), 24 e 25 em Mogi (40,7 m³/s no rio Mogi-Guaçu) e dias 22 (103 m³/s no rio Pardo) e 23 (130 m³/s no rio Mogi-Guaçu) em Pradópolis. Posterior ao aumento registrado nas vazões do final do mês, novamente a tendência à diminuição do volume se manteve após a primeira semana de Agosto, que apesar de algumas chuvas que contribuíram e forma

significativa na bacia principalmente em Setembro, não foram suficientes para recuperar as drenagens.

Na **primavera**, as correntes de leste e oeste ganharam força e passaram a atuar com maior intensidade na região, beneficiadas pelo enfraquecimento dos sistemas polares no período. Entretanto as correntes de sul, principalmente a partir de Novembro, avançaram sobre a bacia trazendo maior instabilidade pela atuação dos sistemas frontais. A participação dos sistemas tropicais (MTC, MTA e MTAC) no período foi de 58,2%, em Caconde e 58,7% para os pontos de Mogi e Pradópolis, enquanto os sistemas frontais atuaram por 32,1% do tempo em Caconde, 30,4% Mogi e 31,5% Pradópolis.

A maior participação dos sistemas frontais associadas à circulação atmosférica do período repercutiu em uma primavera mais chuvosa em relação às duas estações anteriores, características habitualmente já esperadas na região. O volume acumulado nos pluviômetros foi de 676 mm, 371,7 mm e 509,4 mm no trimestre, para Caconde, Mogi e Pradópolis, respectivamente. Tais precipitações foram concentradas nos meses de Novembro e Dezembro e tiveram sua gênese muito associada aos sistemas frontais geradores de tipos de tempo instáveis e chuvosos nestes dois meses, participando de 90,1%, 96,4% e 84% da gênese das chuvas, respectivamente para as localidades já citadas. Destaca-se nesta participação, a atuação do eixo principal da FPA (35%, 51,5% e 36,1%, respectivamente), todavia a repercussão de tais sistemas (REP), estacionamento dos mesmos (EST) e atuação do setor quente retido no continente (QTE), tiveram importante presença, desdobramento graças à oposição mais efetiva dos sistemas tropicais ao avanço das correntes de sul.

Quanto à estiagem que, apesar de alguns esparsos episódios de chuva, mantinha uma tendência à diminuição do volume de vazão dos principais rios da bacia, tal situação se manteve até o mês de Novembro, quando o avanço de sistemas frontais, e consequente oposição e estacionamento dos mesmos passaram a provocar maior precipitação em nível regional. Deste aumento do volume drenado nos principais rios regionais na primavera, típico do regime hidrológico da maior parte do país, foi possível observar um período principal de “pico”: dias 13 a 16 de Dezembro.

No dia 10 de dezembro houve o avanço da FPA eixo principal sobre a região da bacia que, sob constante oposição do setor QTE, acarretou no estacionamento deste sistema (EST), que se dissipou somente no dia 14 e sendo responsável por dias de instabilidade regional e fortes precipitações. Desde episódio de chuvas, cuja gênese reside na atmosfera, foram registrados volumes máximos de vazão nos dias 13 em Caconde (107 m³/s) e 14 em Mogi

(279,8 m³/s). Para Pradópolis, a vazão média máxima foi de 388,4 m³/s dia 16 no rio Pardo e 410,4 m³/s dia 18 no rio Mogi-Guaçu.

Em síntese, o ano de 1989 iniciou-se com uma maior presença de sistemas tropicais atuando sobre a região, contrastando com avanços de correntes de sul que repercutiram trazendo instabilidade no verão e “picos” de vazão nos principais rios da bacia. No outono e inverno os avanços mais vigorosos das correntes de sul estabilizaram o tempo na região na maior parte do período, de forte atuação de sistemas polares e tropicais, repercutindo em poucas chuvas até os meses de novembro e dezembro, mais chuvosos devido à forte atuação frontal na bacia. Assim, este ano apresentou um regime pluviométrico característico de climas tropicais, ou seja, chuvas concentradas nos meses de verão e primavera, e um outono e inverno com poucas precipitações. Desta maneira, o período de estiagem se manteve ao longo do semestre mais seco, apesar de alguns episódios de chuvas esparsas, tendendo à diminuição das vazões nos rios Pardo e Mogi até o mês de novembro.

5.4.4. Síntese dos resultados

Após a análise interpretativa para cada um dos “anos-padrão” submetidos à análise *rítmica* dos tipos de tempo, este subitem pretende descrever os principais resultados observados nesta etapa da pesquisa. Para tanto, pretende-se partir das variações do ritmo climático a influência da gênese das chuvas, cheias e estiagens, ou seja, quais cadeias rítmicas foram provocadoras e/ou contribuíram para tais episódios.

Neste sentido, se verificou que os sistemas frontais foram os principais responsáveis pela gênese das chuvas em nível sazonal e anual, ou seja, tais condições de instabilidade, e seus desmembramentos, responderam pela seguinte proporção: no ano de 1983, 88,5% das chuvas tiveram origem frontal em Caconde, 89,2% em Mogi e 85% Pradópolis. Para o ano de 1984, a proporção foi de 76%, 82,3% e 75,5%, respectivamente, e em 1989, 83,3%, 87% e 77%. Tais correntes perturbadoras de sul se mostraram mais intensas, ainda, em 1983 (ano-padrão chuvoso) e menos intensas em 1984 (ano-padrão seco).

Da atuação frontal, os episódios de maior repercussão na vazão dos rio Pardo e Mogi derivaram do avanço do eixo principal da FPA associado ao embate com o setor quente de retorno no continente (QTE), permitindo que tal instabilidade atue por um período de vários dias na bacia, em alguns casos estacionando (EST) sobre a região. Tal instabilidade, além de

gerar chuvas intensas em alguns casos, precipitando um elevado volume acumulado, ainda tem o potencial de abranger uma extensa área, que pelo escoamento na bacia hidrográfica permite elevar o nível das vazões à “picos” de cheias nos dias posteriores.

Os períodos de longas estiagens, cuja seca pode se estender por meses, estiveram associadas aos avanços mais vigorosos das correntes de sul na bacia, que permitiram a migração pelo continente do anticiclone polar atlântico. Tal avanço, posterior à atuação da FPA, gera aumento na pressão atmosférica, queda acentuada nas temperaturas e estabilidade atmosférica, características próprias da Massa Polar Atlântica (MPA) que passa a atuar por vários dias na região. Da perda de suas características originais, a partir do aquecimento basal que o anticiclone recebe ao avançar pelo continente, o sistema polar tende a “envelhecer” (MPV e MPVC), dando lugar à sistemas tropicais com tendências à estabilidade atmosférica, como é o caso da Massa Tropical Atlântica (MTA) e MPA Continentalizada (MTAC), que passam a impor um “bloqueio” às correntes de sul na região. Tal bloqueio impede novos avanços de sistemas frontais por longo período e estabiliza as condições climáticas regionais, repercutindo em períodos secos e queda gradual na vazão dos grandes rios da bacia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por se tratar de um estudo que almejou a busca por explicações e não apenas descrições climatológicas tradicionais, os resultados devem ser analisados e interpretados a partir da *articulação* entre a aplicação de técnicas estatísticas tradicionais e uma análise da dinâmica atmosférica. Tal relação adotada como procedimento padrão permite atingir a concepção de ritmo climático que, por sua vez, considera a pulsação e o dinamismo dos sistemas atmosféricos na averiguação dos resultados obtidos.

A **primeira** etapa de atividades de pesquisa se refere à coleta, seleção, manipulação e análise, através da aplicação das técnicas estatísticas tradicionais, dos dados pluviométricos de toda a área de estudo, estando incluso ainda nesta etapa o procedimento da escolha do período de estudo e dos “anos-padrão”.

Inicialmente, uma das maiores dificuldades encontradas nesta pesquisa diz respeito à obtenção de longa série de dados pluviométricos ininterruptos, etapa crucial de qualquer investigação em Climatologia Geográfica, entretanto sempre dificultosa devido à realidade meteorológica brasileira. Além da interrupção e falhas constantes observada na maioria dos postos encontrados na área, a baixa densidade de pluviômetros em algumas regiões, em especial no estado de Minas Gerais, dificultaram a cobertura espacial dos dados. Outro empecilho observado foi quanto à coleta de dados recentes e atualizados pelos órgãos governamentais, apresentando como motivo a desativação de pluviômetros e a desatualização dos dados *online*. Infelizmente, tal prática torna ainda mais árdua a atividade de pesquisa no país, pois o acesso à dados e informações geográficas é essencial para uma boa investigação na Climatologia Geográfica.

Em relação ao tratamento, manipulação e análise dos dados utilizados, procedimento auxiliado por outras pesquisas bem sucedidas no âmbito da Climatologia Geográfica, os mesmos permitiram a escolha de um bom período de análise (1967 a 1994), contemplando 28 anos de dados. Ressalta-se que a pesquisa optou por privilegiar a distribuição geográfica dos postos a adotar uma série mínima de 30 anos e/ou as “normais climatológicas”, segundo recomenda a Organização Meteorológica Mundial.

As técnicas estatístico-quantitativas aplicadas, assim como as derivadas da climatologia tradicional, se mostraram adequadas e contribuíram para o entendimento do comportamento das chuvas na bacia do Pardo. Para os dados anuais de chuva, aplicaram-se as

seguintes técnicas: média, máxima, mínima, amplitude, mediana, desvio padrão (S), coeficiente de variação (CV) e o método dos mínimos quadrados. Tais resultados foram analisados, descritos e mapeados a partir da interpolação na bacia, contribuindo para uma visão temporal e espacial destes dados.

Para análise do comportamento anual das chuvas escolha dos “anos-padrão”, o método utilizado procurou agrupar os dados em classes, a partir da distribuição dos intervalos de classes sugeridas pela fórmula de Sturges, complementado pelos resultados obtidos através do tratamento estático dos dados. Dela, se identificou os anos de *excepcionalidade* pluviométrica da série, tendo sido escolhidos para a continuidade do estudo, os anos 1983 e 1984 como exemplos de “ano-padrão” chuvoso e seco, respectivamente. Neste sentido, representando o padrão *habitual* das chuvas, se escolheu o ano de 1989.

Contudo, é importante ressaltar que houve outros exemplos de anos cujo comportamento foi caracterizado como chuvoso, seco ou *habitual*, todavia preferiu-se escolher anos abrangidos pelas décadas de 1980 e 1990 devido à dificuldade de acesso a dados meteorológicos e imagens de satélite, neste último caso inexistentes, em períodos anteriores à década de 80 na região da bacia.

A **segunda** etapa de atividades de pesquisa, posterior aos procedimentos preliminares e essenciais, procurou a partir da análise *rítmica* avaliar o comportamento em nível diário dos elementos climáticos, que tornaram possível a identificação dos índices de participação dos sistemas atmosféricos atuantes e índices da gênese pluvial, dinâmica atmosférica que permitiu uma análise a partir dos episódios de “picos” e estiagens em pontos selecionados do rio Pardo e Mogi, verificando quais “tipos de tempo” contribuíram para sua gênese. Os resultados obtidos foram descritos e sintetizados.

Para a construção dos gráficos de análise rítmica, foram escolhidos na bacia três pontos de coleta de dados meteorológicos, de realidades distintas na bacia e próximos à postos fluviométricos e/ou UHEs. São eles: Caconde, Mogi e Pradópolis. Inicialmente, houve dificuldade na manipulação desta grande quantidade de dados e de arrumá-los em gráficos alinhados entre si. Apesar de algumas pesquisas sugerirem outros *softwares* para a elaboração deste conjunto de gráficos, resolveu-se utilizar o aplicativo *PowerPoint*, de características simples e maleáveis, para receber os gráficos elaborados em *Excel*. Tal programa se mostrou satisfatório e confiável para a organização das informações e elaboração das ilustrações.

A análise rítmica dos diferentes tipos de tempo foi realizada em nível diário, para dois períodos (9hrs e 21hrs), e permitiu a identificação dos sistemas que atuaram em cada ponto de análise ao longo dos três “anos-padrão” representativos. Tal procedimento permitiu uma melhor compreensão da variabilidade climática existente e da dinâmica atmosférica, assim como a atuação das cadeias de tipos de tempo causadoras de estabilidade ou instabilidade regional. Para fins de reforçar a análise descritiva e sintética, geraram-se tabelas e gráficos contendo a participação mensal e sazonal dos sistemas atmosféricos e a repercussão, em milímetros, da atuação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas em nível mensal e sazonal. Ressalta-se, que a dimensão de tais gráficos circulares da gênese das chuvas respeita, ainda, a proporção sazonal precipitada.

Neste sentido, pode-se dizer que a compreensão da dinâmica atmosférica se mostrou satisfatória na interpretação e descrição do grande volume de informações analisadas, pois consiste na explicação dos fatores através de sua origem. Da gênese dos principais episódios pluviométricos anuais, foi possível observar e interpretar os episódios de cheias (ou “picos”) da vazão hídrica, assim como longos períodos secos resultantes de sistemas geradores de estabilidade, que resulta numa estiagem com tendência à redução diária dos volumes das vazões. Esta análise permitiu maior consistência interpretativa e ajudou a explicar fatores que não seriam compreendidos somente com a análise estática das vazões.

Em uma **terceira** etapa, foi realizada a síntese dos resultados obtidos, descrevendo-a. Nela, foram descritas a visão completa e sintética obtida a partir das variações do ritmo climático e sua influência na gênese das chuvas, cheias e estiagens. Tais resultados contribuíram para constatar quais cadeias rítmicas contribuíram para os episódios chuvosos e “picos” de cheias registradas, assim como os que dinamizaram grandes períodos secos e de estabilidade atmosférica, registrando longas estiagens e redução do volume hídrico.

Ao término da pesquisa, já com os resultados analisados e sintetizados, torna-se necessário tecer algumas considerações obtidas no desenvolvimento da investigação, assim como algumas indagações a respeito deste estudo, visando contribuir para futuras pesquisas na área da bacia ou na temática envolvente. São elas:

Primeiro, dos objetivos gerais propostos no projeto inicial desta pesquisa, foi possível cumprir integralmente as metas traçadas, ou seja, compreendeu-se a gênese das chuvas, conhecendo os tipos de tempo atmosféricos que, em escala de análise diária, promovem chuvas intensas ou secas que repercutem diretamente na vazão causando cheias e estiagens, evidenciando o fenômeno climático a partir de um viés temporal e espacial. Da mesma

maneira, os objetivos específicos propostos foram alcançados, estes resumidos a seguir: avaliou-se e analisou-se a variabilidade (no tempo e no espaço) das chuvas, cheias e estiagens, em “anos-padrão” representativos do *habitual* e *excepcional* na bacia, foram identificados os sistemas atmosféricos (massas de ar e frentes), sua articulação através do ano e os tipos de tempo excepcionais que acarretam em chuvas intensas (e consequentes cheias) ou secas (e consequentes estiagens), e os resultados poderão contribuir para uma melhor gestão dos recursos hídricos na bacia, como subsídio aos planejamentos futuros de ações mitigadoras na região da bacia do Pardo.

Segundo, a hipótese norteadora deste estudo se mostrou válida para as análises realizadas nesta pesquisa, visto que a sucessão dos estados atmosféricos sobre a bacia do Pardo apresentou uma variabilidade *rítmica* possível de ocasionar tipos de tempo *habitualmente* esperados na região, entretanto tal padrão habitual está sujeito às excepcionalidades, estas causadoras de chuvas excessivas e consequentes cheias ou longos períodos sem chuva, gerando prolongadas estiagens.

Terceiro, as chuvas que ocorrem na bacia do Pardo estão em sua maioria intimamente associadas às correntes perturbadoras de sul, através da atuação dos sistemas frontais, comprovando e fortalecendo o argumento já defendido anteriormente por diversos autores (MONTEIRO, 1969, 1973; TARIFA, 1975) para esta região e outras do estado de São Paulo. Os episódios cujo avanço da Frente Polar Atlântica (FPA) chega a atuar durante vários dias na área, com avanço reprimido pelo setor quente retido no continente (QTE), em alguns casos estacionando (EST), podem gerar chuvas intensas em nível regional, em sequência durante os dias da participação destes sistemas, volumes estes que contribuem para sensíveis “picos” na vazão hídrica das principais drenagens, como é o caso dos rios Pardo e Mogi.

Quarto, foi observado na pesquisa que longos episódios sem chuva, repercutindo em estiagens, estiveram associados ao avanço de trajetória continental do anticiclone polar atlântico sobre a bacia, corrente de sul cuja migração pode repercutir em longo período de estabilidade atmosférica no estado de São Paulo (BOIN, 2000). Neste contexto, a atuação da Massa Polar Atlântica, estabilizadora das condições atmosféricas regionais, e cujo avanço vigoroso do anticiclone pode manter tais circunstâncias por vários dias, perde suas características originais e “envelhece” (MPV e MPVC), dando sequência à sistemas tropicais com tendência à estabilidade (MTA, MTAC e MTC), estes podendo impor um bloqueio à novos avanços de correntes de sul por um longo período, ou diminuir a repercussão das mesmas, devido ao tempo seco e estável. Desta maneira, podem-se classificar tais avanços

pela trajetória continental, mais abundantes e vigorosos no período do Outono e Inverno devido ao resfriamento do hemisfério sul, como motivadores dos períodos de estiagens.

Quinto é importante ressaltar que este estudo obteve sucesso na interpretação das chuvas, cheias e estiagens a partir do dinamismo atmosférico, pois tais episódios foram precedidos por tipos de tempo que se repetiram ao longo dos anos analisados nesta dissertação e em outros estudos semelhantes, assim como suas consequências, seja maior ou menor a repercussão. Contudo, é preciso salientar que apesar da gênese residir na atmosfera, a repercussão da mesma é potencializada pelas características ambientais e ocupação humana. Assim, para futuras análises climatológicas na região, principalmente se realizadas em escalas mais reduzidas, será preciso contemplar outros elementos da esfera geográfica presentes na área, entre eles elementos pedológicos, geológicos, aspectos urbanos, movimentos populacionais, ciclos econômicos, atividades agrícolas, entre outros.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. de. Os fundamentos geológicos do relevo Paulista. **Boletim Inst. Geogr. e Geol.** São Paulo, vol. 41, 1964. p. 169-263.
- AMARAL, A. A. **As chuvas e a erosividade na bacia hidrográfica do rio Jordão – PR** (Dissertação de Mestrado). UNESP, Rio Claro, 2012. 156 p.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Inventário das estações pluviométricas**. 2 ed. Brasília: ANA/SGH, 2009. 331 p.
- ANA. **Agência Nacional de Águas – Portal Hidroweb**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 04 mar. 2012.
- ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 04 de abr. de 2012.
- ARNOLD, J. G.; FOHRER, N. SWAT 2000: current capabilities and research opportunities in applied watershed modeling. **Hydrological Processes**, v.19, n.3, 2005. p. 563-572.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. p. 177-241.
- BOIN, M. N. **Chuvas e Erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada** (Tese de Doutorado). UNESP, Rio Claro, 2000. 264 p.
- CBH-MOGI - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU. **Plano da Bacia 2008-2011**. Pirassununga: FMPFM e GEOSYTEC, 2008.
- CHIERICE, R. A. F.; LANDIM, P. M. B. Variabilidade espacial e temporal de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu. **Geociências**, v. 33, n. 1, 2014. p. 157-171.

CHIERICE JUNIOR, N. Análise da chuva e vazão na bacia hidrográfica do rio Pardo (Tese de Doutorado). UNESP, Rio Claro, 2013. 133 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.

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

CPRM. **Atlas geoambiental das bacias hidrográficas dos rios Mogi Guaçu e Pardo - SP**: subsídios para o planejamento territorial e gestão ambiental. São Paulo: CPRM, 2002. 77 p.

FLORES, E. F. **Modelagem em Climatologia Geográfica**: um ensaio metodológico aplicado ao oeste paulista (Tese de Doutorado). UNESP, Rio Claro, 2000. 237 p.

GERARDI, L. H. de O.; SILVA, B. N. **Quantificação em Geografia**. São Paulo, SP: Editora DIFEL, 1981. 163 p.

IPH. **Instituto de Pesquisas Hidráulicas**. Disponível em: < <http://www.ufrgs.br/hge/>>. Acesso em: 10 de Abril de 2014.

MAKSoud, H. **Hidrologia e possibilidades hidrenergéticas da bacia do rio de contas, na Bahia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1964.

MARINHA DO BRASIL. **Marinha do Brasil**. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/>>. Acesso em: 29 de Outubro de 2013.

MARTINELLI, M. Relevo do Estado de São Paulo. **Confins** [En ligne], n. 7, 2009. Disponível em: <<http://confins.revues.org/6168>>.

MELLER, A.; BRAVO, J. M.; COLLISCHONN, W. Assimilação de Dados de Vazão na Previsão de Cheias em Tempo-Real com o Modelo Hidrológico MGB-IPH. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, 2012. p. 209-224.

MENARDI JÚNIOR, A. **Regime e ritmo das chuvas na bacia do rio Piracicaba: variações e impactos**. 2000. (Tese de Doutorado). UNESP, Rio Claro, 2000.

MENEZES, D. B. **Avaliação de Aspectos Metodológicos e de Informações do Meio Físico para Estudos Geoambientais de Bacias Hidrográficas: caso da bacia do rio Pardo**. (Tese de Doutorado). UNESP, Rio Claro, 2000. 204 p.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 19 mar. 2013.

MONTEIRO, C. A. F. **A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil** (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil). São Paulo: USP/IG, 1969.

MONTEIRO, C. A. F. A análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, n. 01, p. 01-21, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob a forma de atlas**. São Paulo: USP/IG, 1973.

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

MONTEIRO, C. A. F. O Estudo Geográfico do Clima. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, n.1, 1999. p. 1-73.

NIMER, E. **Pluviometria e recursos hídricos de Pernambuco e Paraíba**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

NOAA. **National Oceanic and Atmospheric Administration**. Disponível em: <<http://www.ncdc.noaa.gov/gibbs/>>. Acesso em: 23 de Outubro de 2013.

ONS. **Operador Nacional do Sistema Elétrico**. Disponível em: < <http://www.ons.org.br/>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

PÉDELABORDE, P. **Introduction a l'étude scientifique du climat**. Paris: Société d'Édition d'Enseignement Supérieur, 1991. p. 3-31.

SANT'ANNA NETO Avaliação das mudanças no regime das chuvas do Estado de São Paulo durante um século (1888 - 1993). **Acta Scientiarum**. v. 21, n. 4, 1999. p. 915-921.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009.

SORRE, M. Les fondements de la Géographie Humaine. Tome: I- Lês foundements biologiques Essai d'une écologie de l'homme. Livre I - **Le climat et l'homme**. Chp Ier Le Climat. Paris: Librairie Armand Colin, 1951. p. 13-43.

TARIFA, J. R. **Fluxos Polares e as Chuvas de Primavera-Verão no Estado de São Paulo**. (Tese de Doutorado). USP/IG, São Paulo, 1975, 93 p.

ZANCOPÉ, M. H. C. **Estudo dos Padrões de Canal Fluvial do rio Mogi Guaçu/SP**. (Tese de Mestrado). UNESP, Rio Claro, 2004. 101 p.

ZANDONADI, L. **As Chuvas na Bacia do Paraná: aspectos temporais, espaciais e rítmicos** (Dissertação de Mestrado). UNESP, Rio Claro, 2009. 122 p.

ZANDONADI, L. **As Chuvas na Bacia hidrográfica do rio Paraná, Brasil: um estudo do ritmo climático e algumas considerações sobre a vazão hídrica** (Tese de Doutorado). UNESP, Rio Claro, 2014. 195 p.

ZAVATINI, J. A. **Variações do Ritmo Pluvial no Oeste de São Paulo e no Norte do Paraná: eixo Araçatuba-Presidente Prudente-Londrina** (Dissertação de Mestrado). USP, São Paulo, 1983, p. 225 p.

ZAVATINI, J. A. **A Dinâmica Atmosférica e as Chuvas no Mato Grosso do Sul** (Tese de Doutorado). USP, São Paulo, 1990, 223 p.

ZAVATTINI, J. A. A produção brasileira em climatologia: o tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático. **Terra Livre**, São Paulo, v.1, n.20, 2003. p. 65-100.

ZAVATTINI, J. A. **Estudos do Clima no Brasil**. Campinas-SP: Editora Alínea, 2004. 398 p.

ZAVATTINI, J. A. **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul**: estudo geográfico com vista à regionalização climática. 1. ed. São Paulo - SP: Editora UNESP, 2009. v. 1. 214 p.

ZAVATTINI, J. A; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica**: teoria e prática de pesquisa. Campinas-SP: Editora Alínea, 2013. 145 p.

APÊNDICES

