

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE

LUCINETE FERREIRA DE ANDRADE

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO ESCOAMENTO FLUVIAL NAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE, OESTE PAULISTA, BRASIL**

Presidente Prudente
2014

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE

LUCINETE FERREIRA DE ANDRADE

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO ESCOAMENTO FLUVIAL NAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE, OESTE PAULISTA, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista, campus de Presidente Prudente para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientação: Professor Dr. Paulo Cesar Rocha

Presidente Prudente
2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Andrade, Lucinete Ferreira.

A568a Análise espaço-temporal do escoamento fluvial nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, Oeste Paulista, Brasil / Lucinete Ferreira de Andrade. - Presidente Prudente: [s.n.], 2014

135 f.

Orientador: Paulo Cesar Rocha

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia

Inclui bibliografia

1. Zoneamento hidrológico. 2. Variabilidade hidrológica. 3. Bacias hidrográficas rios Aguapeí e Peixe. I. Rocha, Paulo Cesar. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Análise espaço-temporal do escoamento fluvial nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, Oeste Paulista, Brasil.

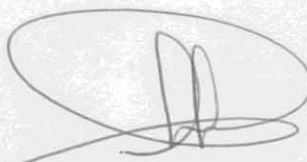
BANCA EXAMINADORA



PROF. DR. PAULO CÉSAR ROCHA
PRESIDENTE



PROFA. DRA. ISABEL CRISTINA MOROZ CACCIA GOUVEIA
(FCT/UNESP)



PROF. DR. PAULO FERNANDO SOARES
(UEM)



LUCINETE FERREIRA DE ANDRADE

Presidente Prudente (SP), 09 de dezembro de 2014.

RESULTADO: aprovado

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho com todo amor à minha mãe Miria e meus irmãos Renato e Janete.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu anjo da guarda e toda espiritualidade que sempre ouviram minhas preces e pedidos para seguir com firmeza a cada dia de luta até a conclusão deste trabalho;

A minha adorável família, pelo incentivo que sempre me deu. Especial agradecimento à minha mãe, Dona Miria e minha irmã, Jane por sempre ouvirem minhas lamentações e sempre terem palavras positivas, de incentivo e de autoconfiança; Ao meu irmão, Renato pelos conselhos que me direcionaram nessa trajetória;

Ao meu namorado Rodrigo, pela paciência, compreensão, carinho e apoio em todos os momentos dessa jornada;

Ao Professor orientador Paulo Cesar Rocha, pela amizade estabelecida ao longo desses anos e pela confiança depositada para execução deste trabalho; Ao professor Neil Macdonald da Universidade de Liverpool (supervisor do estágio de pesquisa no exterior), pela atenção, carinho e dedicação com que me recebeu e pelos ensinamentos, que foram de imensurável valor.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento da pesquisa através da concessão da bolsa e disponibilização de reserva técnica, sem os quais muitas etapas desse processo não seriam possíveis de concretizar;

A todos os Docentes da FCT que, direta e/ou indiretamente contribuíram para o meu amadurecimento pessoal e intelectual, ora tirando minhas dúvidas corriqueiras, ora nas disciplinas da graduação e no Programa de Pós-Graduação;

Aos funcionários da FCT e do programa de pós-graduação pela atenção e disposição com que me atenderam nas situações em que precisei, especialmente à Fátima (funcionária aposentada da biblioteca pela amizade) e à Lúcia, secretária do Departamento de Geografia;

Ao colega Pedro Ramos, estatístico, formado nesta instituição; que contribuiu imensamente com o desenvolvimento de parte do trabalho; Ao Professor Demetrius Silva da Universidade Federal de Viçosa, que cedeu informações e ferramentas para aquisição de dados necessários ao desenvolvimento da pesquisa; Ao Professor Marcelo Latuf da Universidade Federal da Bahia, pela contribuição ainda na construção da proposta inicial de trabalho;

A todos os colegas que contribuíram atendendo às dúvidas relacionadas às questões técnicas, como o Diogo Gonçalves, o Jhonathan Manoel, o Baiano, o Cirso, o Rafael Catão, a professora Isabel Moroz, o professor Edilson Flores, a professora Arlete Meneguette e tantos outros que perturbei durante a etapa referente ao SIG. Nesse âmbito, o agradecimento mais que especial é para o Jorge Santos, Técnico em geoprocessamento e blogueiro, que mesmo a muitos quilômetros de distância concedeu as informações mais certeiras para a finalização deste trabalho.

A toda galera das horas de descontração, festas, cafés e bate-papos: É gente que sabe demais (Karime, Núbia, Cirço, Baiano, Tainá, Natália, Renata, Bahia e Aginaldo), um muito obrigada pelas festas, ressacas, gargalhadas e conversas casuais.

Ao grupo de capoeira Angoleiros do Sertão, um agradecimento muito especial por permitir que, por um longo período da minha permanência nesta cidade eu pudesse fazer parte dessa família tão alegre e cheia de axé!

Aos amigos pessoais, que moram aqui no cantinho esquerdo do peito, e que ao longo dessa jornada puderam despender um pouco de seu tempo comigo, partilhando de bons e maus momentos: Ana Lúcia, Rodrigo, Elenira, Elisângela, Moisés, Karime, Bahia, Franciane, Renata, e Flor Rivero (mesmo à distância partilhou das minhas alegrias e lamentações) e claro, não poderia faltar aquela pessoa que ascendeu ao mais do que muito especial, a super parceira e irmã pretinha Natigeo, pela amizade, carinho, alegrias, conselhos e convivência.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Tendo em vista os instrumentos de gestão de recursos hídricos, as articulações para implementação de políticas, tais como a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, em adição às concessões de outorga de uso nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, a presente pesquisa teve como objetivo realizar uma análise espaço-temporal do escoamento superficial, embasado no conhecimento geográfico e hidrológico. Baseado na hipótese da existência de períodos hidrológicos de comportamento distinto (que é uma variação na magnitude do fluxo ao longo do tempo). A área de estudos localiza-se a Oeste do estado de São Paulo e está incorporada nos Comitês das UGRHis 20 e 21 devido a conformidades do meio físico. Apoiado nessa caracterização e também através de metodologias para análise dos dados hidrológicos e obtenção de parâmetros que caracterizam a morfometria da área de estudo, foi possível obter correlações cujos resultados possibilitaram gerar um mapa de zoneamento hidrológico que mostrou a variação espaço-temporal da disponibilidade dos recursos hídricos. Os resultados chamam especial atenção às diferenças entre os períodos hidrológicos. No primeiro período (1948-1962) as magnitudes das vazões específicas médias foram as menores da série; No segundo período (1972-1984) se destacou por altas magnitudes, maiores inclusive do que no terceiro período (1985-2000), cujas magnitudes podem ser consideradas intermediárias.

Palavras-chave: Zoneamento hidrológico, Meio físico, Variabilidade hidrológica, Bacia hidrográfica, rios Aguapeí e Peixe, Gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT

Regarding the tools water management, the articulation to impose the policies such as charging for the use of water resources, in addition to grants use rights in Aguapeí and Peixe River basin, this research aims to perform spatio-temporal analysis, based on geographic and hydrological knowledge. The research area is incorporated at the same Watershed Committee (Committee of Aguapeí and Peixe River Basin) on West of state of São Paulo. Based on the hypothesis of hydrological periods of rivers regimen (which is a variation in the magnitude of the flow over time) of data collected and the theoretical and methodological structure, this research presents a hydrological zoning maps in the boundaries of SIGRH and CBH-AP area as a product from the correlations among morphometric and hydrologic data along the different hydrological periods observed. The results indicate the differences in the spatio-temporal water availability. At first period (1948-1972) the specific flow average magnitude have been the lowest of the series; At second period (1972-1984) have been those with the highest magnitude, greatest than the third period (1985-2000), when the magnitude may be considered intermediary.

Keywords: Hydrological zoning, Physical environment, hydrological variability, Peixe and Aguapeí River Basin, Water Resources Management.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

CBH- AP: Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe

SIGRHi: Sistema de informações para gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo

ANA: Agencia Nacional de guas

BEPE: Bolsa de estágio de pesquisa no exterior

FAPESP: Fundação de Amparo  pesquisa do estado de São Paulo

UGRHi: Unidades de gerenciamento de Recursos Hídricos

DAEE: Departamento de águas e energia elétrica do estado de São Paulo

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

PCA: Análise de componentes principais

IPT: Instituto de pesquisas tecnológicas

MDT: Modelo Digital do Terreno

Per. Hidrológico: Período hidrológico

Q_{em} : Vazão específica média

SRTM: Shuttle Radar Topography Mission (Missão Topográfica Radar Shuttle)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe.....	23
Figura 2- Representação esquemática da bacia hidrográfica e os processos hidrológicos	26
Figura 3 - Efeitos do desmatamento no fluxo de um rio. Em (a) alteração do fluxo fluvial após o desmatamento. Em (b) os diferentes hidrogramas após a chuva em bacias da mesma área com diferentes usos do solo.....	30
Figura 4 - Resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica.....	31
Figura 5 - Localização dos postos fluviométricos e estações pluviométricas nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe	42
Figura 6 - Teste de hipóteses aplicado ao conjunto das vazões médias mensais.....	44
Figura 7 - Esquema representativo procedimento para delimitação de sub-bacias e obtenção de parâmetros morfométricos	46
Figura 8 - Padrões de drenagem	47
Figura 9 - Ajuste das vazões anuais mínimas pelas distribuições de probabilidades de Gumbel, Gumbel ajustado e Weibull ajustado para o posto fluviométrico de Tupã, rio do Peixe.....	52
Figura 10 - Evolução da população urbana em relação à rural nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe.....	58
Figura 11 - Mapa geológico da área de estudo	60
Figura 12 - Trajetória das massas de ar que influenciam o Oeste Paulista englobando a área de estudo.....	62
Figura 13 - Mapa geomorfológico da área de estudo	65
Figura 14 - Rede de drenagem das Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe	68
Figura 15 - Variabilidade interanual da precipitação A) Estações (2249006 e 2149043) localizadas no alto curso da bacia do rio Aguapeí; B) Estações (2150028) localizadas em médio curso e (2151004) à jusante.....	71
Figura 16 - Variabilidade interanual da precipitação A) Estações (224908 e 2250010) localizadas no alto curso da bacia do rio Aguapeí; B) Estações (2151016) localizadas em médio curso e (2151052) à jusante.....	71
Figura 17 - Distribuição temporal da precipitação na área de estudo (A): alto curso; (B): médio curso e (C): baixo curso. Estações pluviométricas (A-2249008; B-2151016 e C-2150028).....	72
Figura 18 - Dendograma da análise de componentes principais período de 1975- 1987	74
Figura 19 - Distribuição especial da precipitação no período de 1975 a 1987	75
Figura 20 - Dendograma da análise de componentes principais período de 1987- 1999	77
Figura 21 - Distribuição especial da precipitação no período de 1987 a 1999.....	78

Figura 22 - Magnitudes anuais de vazão na bacia hidrográfica do rio Aguapeí.....	81
Figura 23 - Vazão média nos postos fluviométricos da bacia hidrográfica do rio Aguapeí com destaque na coloração laranja para os períodos hidrológicos identificados	85
Figura 24 - Variabilidade sazonal da vazão na bacia hidrográfica do rio Aguapeí. 1º período (1948 a 1971); 2º período (1972 a 1984); 3º período (1985 a 2000).....	87
Figura 25 - Vazão média nos postos fluviométricos da bacia hidrográfica do rio do Peixe com destaque na coloração laranja para os períodos hidrológicos identificados	89
Figura 26 - Variabilidade sazonal da vazão na bacia hidrográfica do rio do Peixe conforme períodos hidrológicos. 1º período (1948 a 1971); 2º período (1972 a 1984); 3º período (1985 a 2000).....	93
Figura 27 - Agrupamento dos postos fluviométricos da área de estudo – 1º período hidrológico.....	98
Figura 28 - Agrupamento dos postos fluviométricos da área de estudo – 2º período hidrológico.....	99
Figura 29 - Agrupamento dos postos fluviométricos da área de estudo – 3º período hidrológico.....	100
Figura 30 - Análise de componentes principais aplicado ao conjunto de variáveis 1º período hidrológico	101
Figura 31 - Análise de componentes principais aplicado ao conjunto de variáveis 2ºperíodo hidrológico	102
Figura 32 - Análise de componentes principais aplicado ao conjunto de variáveis 3ºperíodo hidrológico	103
Figura 33 - Localização dos postos fluviométricos utilizados na análise do escoamento superficial das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe.....	112
Figura 34 - Representação gráfica da variação temporal da vazão específica média	114
Figura 35 - Reprntação gráfica da variação temporal da vazão específica média na bacia do rio do Peixe	115
Figura 36 - Distribuição vazão específica nas bacias dos rios Aguapeí e Peixe (1º período hidrológico de dados).....	116
Figura 37 - Distribuição vazão específica nas bacias dos rios Aguapeí e Peixe (2º período hidrológico de dados).....	118
Figura 38 - Distribuição vazão específica nas bacias dos rios Aguapeí e Peixe (2º período hidrológico de dados).....	120

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Razão entre magnitude máxima e mínima da vazão média anual na bacia hidrográfica do rio Aguapeí, com destaque para ocorrência de máximas.....	82
Tabela 2 - Razão entre magnitude máxima e mínima da vazão média anual na bacia hidrográfica do rio Aguapeí, com destaque para ocorrência de mínimas	83
Tabela 3 - Estatísticas aplicadas no regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio Aguapeí.....	86
Tabela 4 - Estatísticas aplicadas no regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio do Peixe.....	90
Tabela 5 - Razão entre magnitude máxima e mínima da vazão média anual na bacia hidrográfica do rio do Peixe, com destaque para ocorrência de máximas	91
Tabela 6 - Razão entre magnitude máxima e mínima da vazão média anual na bacia hidrográfica do rio do Peixe, com destaque para ocorrência de mínimas.....	92
Tabela 7- Determinação de dados de vazão com precipitação por média, máxima e mínima mensal posto fluviométrico 63100000	94
Tabela 8 - Determinação de dados de vazão com precipitação por média, máxima e mínima mensal posto fluviométrico 63160000	95
Tabela 9 - Determinação de dados de vazão com precipitação por média, máxima e mínima mensal posto fluviométrico 63160000	96
Tabela 10 - Determinação de dados de vazão com precipitação por média, máxima e mínima mensal posto fluviométrico 63170100	96
Tabela 11 - Caracterização fisiográfica das sub-bacias dos rios Aguapeí e Peixe	105
Tabela 12 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para postos fluviométricos das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe aplicado à série de dados do 1º período hidrológico.....	106
Tabela 13 - Calculo das Médias, Desvios Padrões, Intervalos de Confiança para Média a 95% de confiança, Percentis 2.5, 97.5 e Medianas para os diferentes postos fluviométricos ajustados pela distribuição Gumbel	107
Tabela 14 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para postos fluviométricos das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe aplicado à série de dados do 2º período hidrológico.....	107
Tabela 15 - Calculo das Médias, Desvios Padrões, Intervalos de Confiança para Média a 95% de confiança, Percentis 2.5, 97.5 e Medianas para as diferentes estações ajustadas pela distribuição Gumbel.....	108

Tabela 16 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para postos fluviométricos das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe aplicado à série de dados do 3º período hidrológico.....	108
Tabela 17 - Calculo das Médias, Desvios Padrões, Intervalos de Confiança para Média a 95% de confiança, Percentis 2.5, 97.5 e Medianas para as diferentes estações ajustadas pela distribuição Weibull.....	109
Tabela 18 - Postos fluviométricos, vazão mínima por períodos hidrológicos	110
Tabela 19- vazão específica média calculada conforme períodos hidrológicos na bacia do rio Aguapeí.....	113
Tabela 20 - vazão específica média calculada conforme períodos hidrológicos na bacia do rio do Peixe	114
Tabela 21 - Correlação dos dados correspondentes ao primeiro período hidrológico..	122
Tabela 22 - Coeficientes de Correlação dos dados hidrológicos e precipitação média correspondente ao 2º período hidrológico com os parâmetros físicos das sub-bacias.	123
Tabela 23 - Coeficientes de Correlação dos dados hidrológicos e precipitação média correspondente ao 3º período hidrológico com os parâmetros físicos das sub-bacias.	124

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Estações pluviométricas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe	37
Quadro 2- Distribuição por Hectare (%) dos diferentes usos do solo nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe no período de 1985 a 1997	57
Quadro 3 - Características dos postos fluviométricos com dados de vazão no Rio Aguapeí (UGRHi 20)	81
Quadro 4 - Características dos postos fluviométricos com dados de vazão no Rio do Peixe (UGRHi 21)	89

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	20
1 INTRODUÇÃO	20
1.2 Localização da área de estudo	22
1.3 Objetivos	24
1.3.1 Objetivo geral	24
1.3.2 Objetivos específicos	24
CAPÍTULO II	25
2 REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1 A bacia hidrográfica e o ciclo hidrológico	25
2.2 O sistema de drenagem e a forma da Bacia Hidrográfica	27
2.3 Regime hidrológico e fatores reguladores	29
2.4 Variabilidade climática e hidrológica	32
2.5 Vazões de referências	33
2.6 Regionalização de vazão: conceito e importância em estudos geográficos	34
CAPÍTULO III	36
3 MATERIAL E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	36
3.1 Tratamento dos dados de precipitação	36
3.2 Estatística básica aplicada aos dados fluviométricos	41
3.3 Identificação e análise dos períodos hidrológicos	44
3.4 Morfometria das Bacias	45
3.5 Análise de Frequência da vazão mínima	48
3.5.1 Estimativa de vazões mínimas de referência para as bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe	50
3.5.2 Identificação da vazão mínima	51
3.6 Cálculo da vazão específica média	52
3.7 Mapeamento das variáveis hidrológicas: Zoneamento hidrológico	53
3.8 O Método de regionalização empregado pelo DAEE	54
CAPÍTULO IV	56
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	56
4.1 Histórico de ocupação	56

4.2	Caracterização do meio físico das Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe	58
4.2.1	Geologia das Bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe	59
4.2.2	Clima regional e influências nos recursos hídricos	61
4.2.3	Caracterização da geomorfologia e solos predominantes na área de estudo	63
4.2.4	Sistema de drenagem nas Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe	67
CAPÍTULO V		70
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
5.1	Distribuição da precipitação nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe	70
5.1.1	Tendências da precipitação	70
5.1.2	Análise de componentes principais para a precipitação	73
5.2	Estatística Básica aplicada aos dados hidrológicos	79
5.2.1	Regime e períodos hidrológicos do rio Aguapeí	79
5.2.2	Regime e períodos hidrológicos do rio do Peixe	88
5.2.3	Relação chuva-vazão	94
5.3	Análises de componentes principais entre os períodos hidrológicos	97
5.4	Caracterização fisiográfica das Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe	105
5.5	Análise da distribuição da vazão mínima nas bacias do Aguapeí e Peixe	106
5.6	Vazão mínima de referência	109
5.6.1	A vazão específica média das bacias do rio Aguapeí e Peixe	111
5.7	Integração dos dados fisiográficos	122
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	125
REFERÊNCIAS		129

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica, de acordo com Christofolletti (1974) pode ser entendida como um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que, juntos formam uma bacia de drenagem. Assim, a produção hídrica é usualmente determinada pelos fatores climáticos de precipitação, evapotranspiração, umidade do ar, entre outros, sendo influenciada também pelos tipos fisiográficos, tais como litológicos e relevo.

O conhecimento acerca do regime hidrológico constitui informação básica para a tomada de decisão em diversas áreas do conhecimento, sobretudo para estudiosos interessados nas questões do planejamento no âmbito da bacia hidrográfica. No entanto, um fato que dificulta a obtenção de tais conhecimentos, deve-se geralmente à escassez de informações. A deficiência de dados e a necessidade de conhecê-los por toda a extensão da área de estudo, atravancam ou, muitas vezes, impedem a realização do planejamento compatível com as necessidades da área de interesse.

Com a aprovação da Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, passou a existir maior controle no uso dos recursos hídricos entre os estados que antes não possuíam políticas específicas que regulamentassem o uso dos recursos hídricos. Estabeleceu-se então a necessidade de determinação de variáveis hidrológicas a serem utilizadas na gestão dos recursos hídricos (SILVA JUNIOR, 2003).

Nesse sentido, alguns estados da federação passaram a utilizar a regionalização hidrológica para estudo e análise da distribuição dos recursos hídricos, na concessão de aproveitamentos dos mesmos e no controle ambiental. Assim, dentre os estado brasileiros, o Estado de São Paulo pode ser considerado pioneiro pela publicação da Lei Estadual nº 7.663 de 30 de dezembro de 1991, para regulamentação do uso dos recursos hídricos.

No estado de São Paulo, as instâncias que sinalizam a descentralização da gestão são os Comitês de Bacia Hidrográfica que, segundo Leal (2000), foram criados para promover a gestão de recursos hídricos, através de debates sobre questões relacionadas às águas e articulação da proteção e da sustentabilidade destas. São órgãos colegiados com atribuições consultivas, deliberativas e normativas e sede de debates relacionados à

questão dos usos dos recursos hídricos na bacia hidrográfica sobre a qual tem autoridade.

Para viabilização dessa gestão descentralizada, o estado foi dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIS). Cada unidade constitui-se em âmbito fundamental para articulação entre órgãos de pesquisa, gerenciamento e planejamento. Tundisi (2005) salienta que ao gerenciamento de recursos hídricos devem-se incluir os resultados de pesquisas científicas, com finalidade de gerar informações de grande importância às tomadas de decisões por parte de órgãos de gestão.

A área de interesse do presente estudo é composta por duas unidades de gerenciamento, as UGRHis 20 e 21, respectivamente as bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, localizados no Oeste do estado de São Paulo, conforme ilustrado na figura 1. Essas unidades de gerenciamento foram inseridas no mesmo Comitê devido às semelhanças na caracterização geográfica e predominância de uso e ocupação do solo, conforme mencionado em subseções posteriores.

Considerando-se a atual discussão acerca da execução da política de Cobrança pelo uso e concessão de Outorgas dos recursos hídricos no âmbito do Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, e também o monitoramento ainda deficitário nos cursos fluviais dessa área, a proposta desta pesquisa visa evidentemente apresentar uma análise de cunho geográfico das variações espaço-temporal do escoamento superficial, tendo como intuito servir de suporte aos órgãos de gestão.

Para tal, apresenta-se uma proposta de zoneamento hidrológico, amparadas nos preceitos dos estudos relacionados à regionalização de vazão e apoiado, na existência de diferentes períodos hidrológicos identificados em estudos anteriores, buscando entender essencialmente as variações na distribuição da vazão ao longo do tempo, tendo em vista a implementação em andamento de políticas públicas mais severas sobre os usos da água nessa área pelos órgãos oficiais.

A presente pesquisa tem uma forte perspectiva de contribuir com os órgãos de gestão dos recursos hídricos por tratar-se de uma análise geográfica integrada, e assim sendo, buscar subsídios em outras ciências para execução da proposta. Em síntese, o maior diferencial deste estudo com aqueles de outras grandes áreas do conhecimento é

o fato deste estudo trazer uma abordagem de perspectiva espacial e temporal, fatores preponderantes na análise geográfica da bacia hidrográfica.

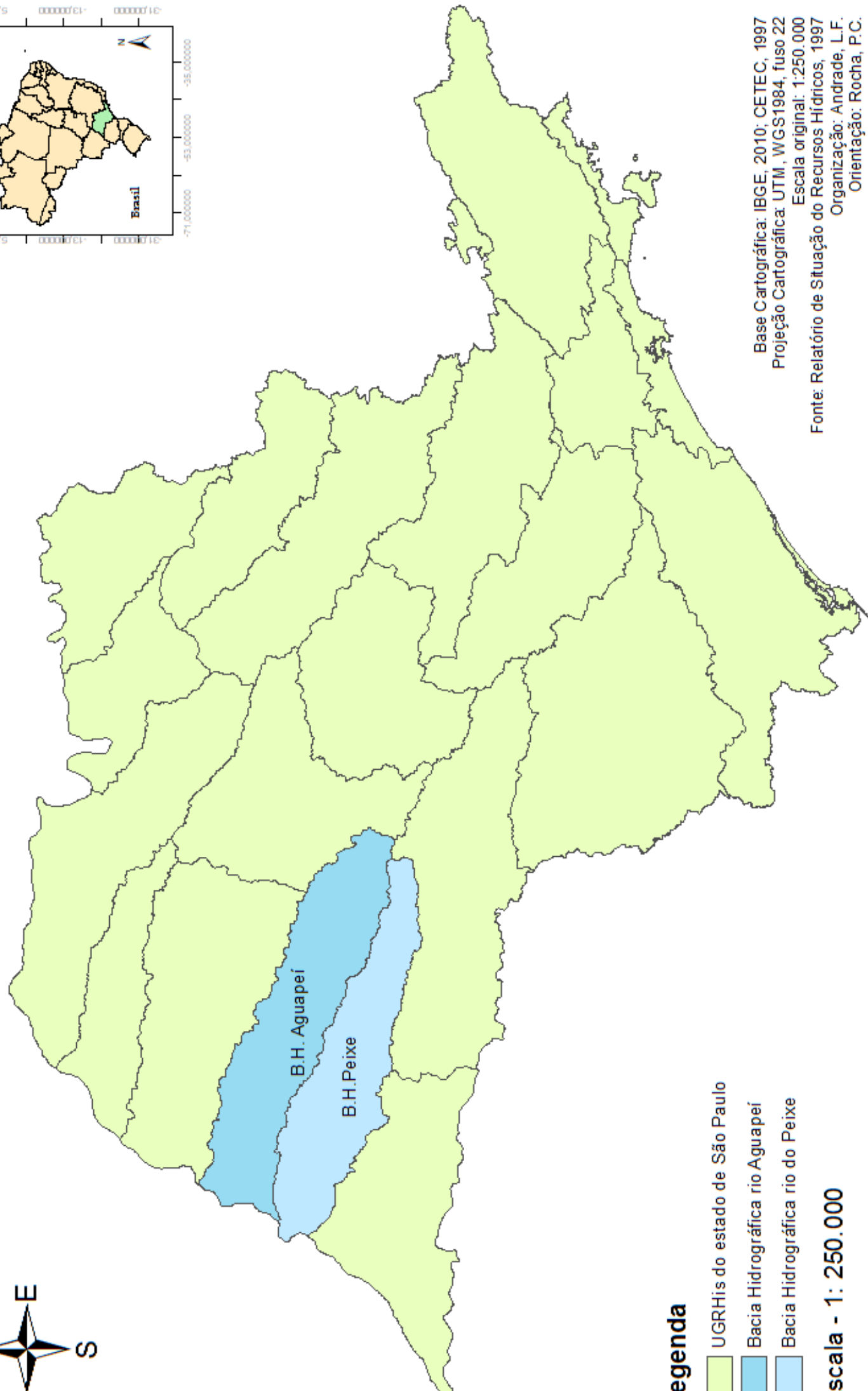
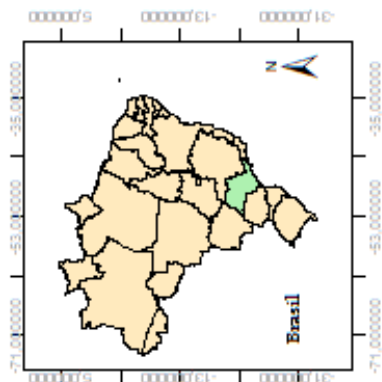
1.2 Localização da área de estudo

As bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe localizam-se na porção Oeste do estado de São Paulo entre as coordenadas -49.395142; e -52.168376 longitude Oeste e -20.951768; -22.439189 latitude Sul. Por apresentarem algumas semelhanças nos aspectos geográficos, físico e socioeconômico, as bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe foram inseridas em um único Comitê de Bacias Hidrográficas, conforme Lei estadual nº 7.663 de 30 de dezembro de 1991 ambas são geridas pelo Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, UGRHis 20 e 21, respectivamente.




De acordo com CBH-AP (2013), a interdependência entre essas duas bacias hidrográficas e outras que as circundam é pequena, ambas possuem maior interferência entre si, embora haja municípios que possuem parte de sua área inserida nos limites dessas bacias, mas não fazem parte das mesmas, pois suas sedes municipais estão localizadas em vertentes pertencentes a outras bacias hidrográficas. Assim, tais municípios são denominados “integrantes”, e são em maioria, aqueles localizados sobre a linha divisora dessas bacias hidrografias.

A incorporação dessas bacias em único Comitê se deu especificamente com o intuito de se promover a discussão acerca das questões hídricas inerentes ao território e integração das diversas ações e atividades voltadas à recuperação e preservação dos recursos hídricos na área (CBH-AP, 2013).

Juntas as Bacias Hidrográficas do Rio do Peixe e Aguapeí possuem uma área de aproximadamente 21.167 km², compostas por cinquenta e nove (59) municípios, conforme apresentado detalhadamente por Andrade (2011). Limitando-se ao Norte com a Bacia do Rio Tietê, a Oeste com o Estado do Mato Grosso do Sul, tendo como divisa o Rio Paraná, a Leste seu limite é a Serra dos Agudos e ao Sul com a bacia do rio Paranapanema (CBH-AP, 1997), conforme apresentado na figura 1.



legenda

-  UGRHs do estado de São Paulo
-  Bacia Hidrográfica rio Aguapeí
-  Bacia Hidrográfica rio do Peixe

scala - 1: 250.000



Base Cartográfica: IBGE, 2010; CETEC, 1997
Projeção Cartográfica: UTM, WGS1984, fuso 22
Escala original: 1:250.000
Fonte: Relatório de Situação do Recursos Hídricos, 1997
Organização: Andrade, L.F.
Orientação: Rocha, P.C.



1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Esta proposta tem como objetivo elaborar o zoneamento hidrológico, amparado nos preceitos e na matriz conceitual de estudos relacionados à regionalização de vazão, buscando contribuir de forma objetiva com os órgãos de gestão nos processos de outorga e cobrança pelo uso dos recursos hídricos nessa área.

1.3.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, os objetivos específicos foram divididos em cinco etapas de análise, orientando-se pelos seguintes objetivos específicos:

- Análise dos dados fluviométricos e identificação de períodos hidrológicos;
- Identificação e análise pluviométrica e fisiográfica regional;
- Análise de parâmetros hidrológicos para o zoneamento/regionalização;
- Análise comparativa da regionalização entre cada período hidrológico identificado;
- Mapeamento da regionalização conforme períodos hidrológicos identificados;

CAPÍTULO II

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção serão apresentados alguns conceitos que nortearam a metodologia, bem como a discussão dos resultados. Os tópicos elencados abordam especificamente as idéias que orientam cada objetivo específico da proposta de pesquisa, tais como a caracterização da área de estudo, e outros itens inerentes à pesquisa que facilitam a compreensão de cada abordagem.

2.1 A bacia hidrográfica e o ciclo hidrológico

Enquanto unidade de estudo, a bacia hidrográfica possui variados modos de definição, mas que, ao fim todos têm o mesmo sentido. Assim, tem-se que para Leopold *et al.*, (1964), a área de drenagem pode ser definida como uma zona de contribuição de um conjunto de canais de água. É a área berço da precipitação que segue por vários caminhos, conforme ilustrado pela figura 2.

Sob o ponto de vista da abordagem sistêmica, Christofolletti (1974) retrata a bacia hidrográfica como uma “área de drenagem definida por um rio ou sistema fluvial, funcionando como um sistema”, onde cada elemento apresenta funcionalidade distinta, mas diretamente relacionados, pois os eventos que ocorrem numa dada bacia hidrográfica poderão se refletir nos rios, seja pela alteração da qualidade ou da quantidade de água.

A bacia hidrográfica é um objeto de significativa importância aos estudos ambientais, especialmente quando é possível realizar monitoramento de variáveis que compõem sua dinâmica. Cunha e Guerra (2000) definem a bacia hidrográfica como uma unidade integradora que permite a análise das dinâmicas e interações entre as variáveis ambientais e sociais que constituem a paisagem.

Em relação ao planejamento e a gestão dos recursos hídricos em bacias hidrográficas, o entendimento acerca da definição de bacia hidrográfica, assim como os processos que influenciam nas diversas alterações ocorridas na mesma, viabilizam as ações de planejamento em função dos desequilíbrios antrópicos, a exemplo das

alterações na cobertura vegetal que produzem alterações nos processos fluviais, expressando-se em diferentes trechos, podendo inclusive, serem observados no regime hidrológico dos rios.

Conforme elucidado por Leal (2000), ao considerarmos a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, é possível compreender também nessa abordagem todos os elementos componentes da mesma, incluindo a sociedade que influencia nas transformações acarretadas pelo uso e ocupação.

A figura 2 representa um modelo de bacia hidrográfica sem escala, onde Charlton (2007) define a bacia hidrográfica como uma área que é drenada por um rio.

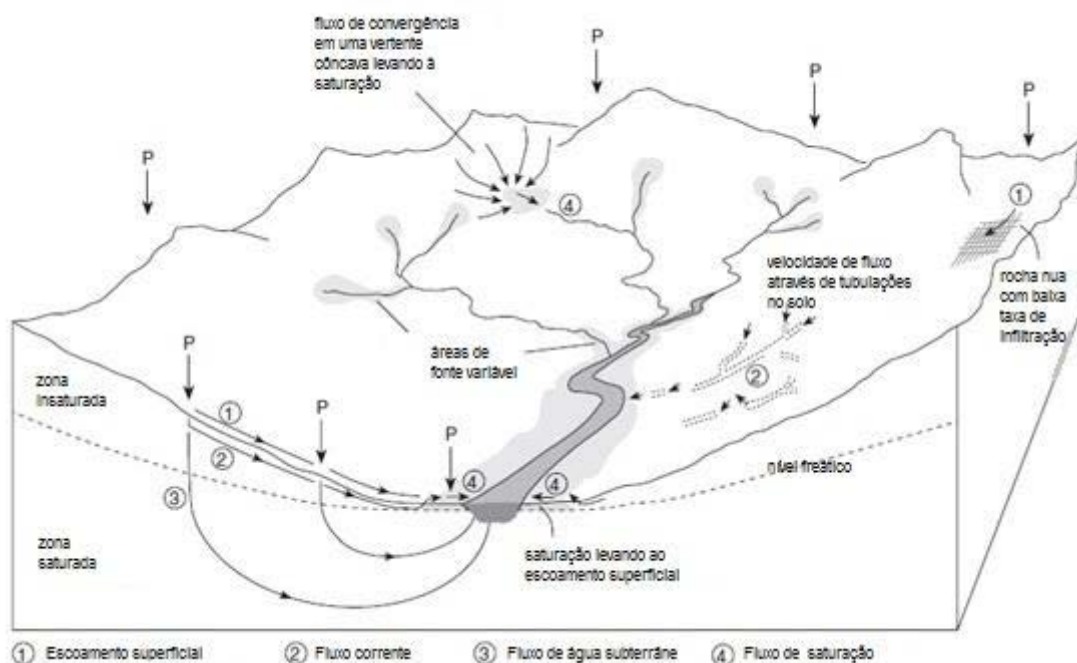


Figura 2- Representação esquemática da bacia hidrográfica e os processos hidrológicos
Fonte: Rosemary Charlton (2007)

Enquanto parte essencial da bacia hidrográfica, os rios também são retratados como a forma mais visível de escoamento da água, parte integrante do ciclo hidrológico e alimentados tanto por águas superficiais como subterrâneas. (CHRISTOFOLETTI, 1981).

No processo do ciclo hidrológico em meio tropical, ao atingir o solo, a água se infiltra até que o solo esteja completamente saturado, a partir de então, inicia-se o

escoamento superficial que segue até atingir os rios, agregando-se à vazão. Uma pequena parte dessa água que precipita é evaporada, mas em quantidades desprezíveis.

Assim, a vazão é então compreendida como a principal grandeza que caracteriza um rio, sendo a quantidade de água que passa através de uma seção transversal, por unidade de tempo. Dentre as unidades de medida para expressar volume de vazão, pode-se usar litros por segundo ($L s^{-1}$), metros cúbicos por hora ($m^3 h^{-1}$), metros cúbicos por dia ($m^3 dia^{-1}$), litros por dia, ou a mais comum, expressa em metros cúbicos por segundo ($L s^{-1}$). A vazão também pode ser medida indiretamente em função da altura do nível da água, onde se mede a altura atingida pela água em relação a um datum ou nível de referência, conforme mencionado por Villela e Mattos (1975), normalmente é expressa em metros (m) ou centímetros (cm).

Tucci (2002) salienta que a vazão que escoar em um dado curso d'água é considerada estocástica no tempo e no espaço. Essa variabilidade é representada pela mudança nos níveis altos e baixos da água, consideradas no decorrer do ano hidrológico, ou seja, o período que considera os ciclos de vazante-cheia-vazante, correspondente ao regime fluvial. A variabilidade do regime hidrológico é controlada por diversos elementos que caracterizam a bacia hidrográfica, tais como litologia, relevo, solos, cobertura vegetal e também por fatores climáticos, tais como precipitação, radiação solar e evaporação.

Para Clarke *et al.*, (2003), os fatores como a localização geográfica e/ou a altitude podem contribuir substancialmente nos resultados da análise do regime de vazões, avanços de massas de ar, eventos de precipitações locais, entre outros. Por isso, destacam a importância do reconhecimento das características dos postos fluviométricos utilizadas no estudo.

2.2 O sistema de drenagem e a forma da Bacia Hidrográfica

De acordo com Villela e Mattos (1975), as características físicas de uma bacia hidrográfica constituem elementos fundamentais para o entendimento do regime hidrológico, considerando-se que, os relacionamentos entre tais elementos permitem estabelecer comparações entre si e entre os dados hidrológicos conhecidos, permitindo também estimar informações em regiões sem monitoramento.

O sistema de drenagem deve ser classificado de acordo com o sentido do escoamento, ou seja, conforme o rearranjo espacial dos cursos de água, que [...] podem ser influenciados em sua atividade morfo genética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região. (CHRISTOFOLETTI, 1974). Em relação aos estudos morfométricos, a hierarquia fluvial é o processo de indicar a classificação dos cursos de água ou de uma área de drenagem.

Para Leopold *et al.*, (1964) a rede drenagem está intimamente associada com a geometria hidráulica de fluxo e com as formas dos perfis longitudinais de rios. Desse modo, através da descrição geométrica de bacias hidrográficas, pode-se identificar a velocidade de fluxo. A caracterização da rede de drenagem indica particularmente os fatores relativos à infiltração (BAKER *et al.*,1987). Através do monitoramento hidrometeorológico é possível obter também o volume de água e de sedimentos produzidos pelas descargas.

A área de drenagem é uma importante variável para a regionalização, uma vez que, dependendo do método adotado, esta se torna um dos principais objetos na análise, como por exemplo, no método da interpolação linear (NOVAES, 2007).

A partir da análise de estudos realizados por Obregon *et al.*, (1999), Euclides *et al.*, (2001), Chaves *et al.*, (2002), Silva Junior *et al.*, (2003), Baena *et al.*, (2004), Agra *et al.*, (2005), Ribeiro *et al.*, (2005), Lemos (2006), Fiorenze *et al.*, (2008), Silva *et al.*, (2009) dentre outros trabalhos cujo objeto foi regionalização de vazão, todos provenientes de outras ciências e não propriamente da geografia. Assim, acredita-se que com base em um estudo geográfico de cunho analítico, sobretudo através da hierarquia do sistema de drenagem seja possível realizar um zoneamento hidrológico regional das bacias hidrográficas em questão.

Com relação à análise areal, o fato de forma (Kf) é o índice que relaciona a forma da bacia com a de um retângulo ou de um círculo, conforme preconizado por Christofolletti (1974). Tal parâmetro corresponde à relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica, através do qual é possível também obter o indicativo de tendências a enchentes (VILLELA e MATTOS, 1975). Quanto maior é o Kf, mais comprida é a bacia e, portanto, menos propensa à ocorrência de enchentes. E

quanto maior o tempo de concentração (T_c), por mais intensa que seja uma chuva, dificilmente abrangerá toda a bacia.

Assim como o tempo de concentração, que é definido como o tempo entre o final da precipitação efetiva e o final do escoamento superficial, outros índices também são utilizados para determinar a forma de bacia, conforme descrito no item referente aos procedimentos metodológicos.

2.3 Regime hidrológico e fatores reguladores

O regime hidrológico caracteriza-se pela vazão mensal e, sobretudo, pela vazão diária que possibilita identificar os períodos sazonais em uma bacia hidrográfica. De acordo com Tucci (2001), em rios localizados em áreas, cujo clima apresente estações bem definidas, essa identificação é simples e rápida. Por outro lado, nas regiões em que as chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, torna-se mais difícil identificar os períodos de cheia e estiagem. Por tal razão, é comum fazer uso da vazão diária, decorrida dentro de um mês, ou seja, a vazão média mensal, que é um indicador das características do ano hidrológico ou dos períodos sazonais da bacia hidrográfica apresentada pela variabilidade dos meses ao longo do ano.

A vazão média mensal é estritamente importante para o gerenciamento e abastecimento de água, produção de energia elétrica, irrigação, navegação etc. As vazões mínimas são consideradas de estiagem, sendo representadas pelos valores mais baixos da série histórica. Em relação à vazão mínima, é importante na avaliação da disponibilidade hídrica natural de uma bacia hidrográfica, caracterizando-se pela frequência de ocorrência. Trata-se de um fator determinante para emissão de outorgas (MOREIRA, 2006). Em rios perenes, a outorga é geralmente estabelecida com base na vazão mínima com sete dias de duração, conforme mencionado mais detalhadamente em subseções posteriores.

No que concerne às vazões máximas, trata-se de objeto de interesse de estudos correlatos de cheias e inundações, são as vazões mais altas na seção de um rio. Assim sendo, Villela e Mattos (1975) destacam que nem toda vazão máxima pode fomentar a inundação, pois se caracteriza apenas por grande volume de escoamento no curso do rio,

sendo consideradas cheias e inundações apenas quando ultrapassam o limite do canal fluvial.

A vazão por sua vez, está condicionada às mudanças do clima e das condições ambientais, quais sejam, presença ou ausência de vegetação, que alteram diretamente o ciclo hidrológico e conseqüentemente a quantidade e qualidade da água nos rios. Na figura 3, Drew (1994) demonstra didaticamente um hidrograma com os diferentes comportamentos dos fluxos em relação a variadas condições do ambiente.

O autor supracitado afirma ainda que uso intenso das bacias hidrográficas para os mais diversos fins, especialmente para irrigação e pastoreio, somados ao desmatamento acabam por expor vastas áreas de terra, devido à denudação da camada superficial do solo, há aumento da sedimentação nos rios, intensificando as cheias.

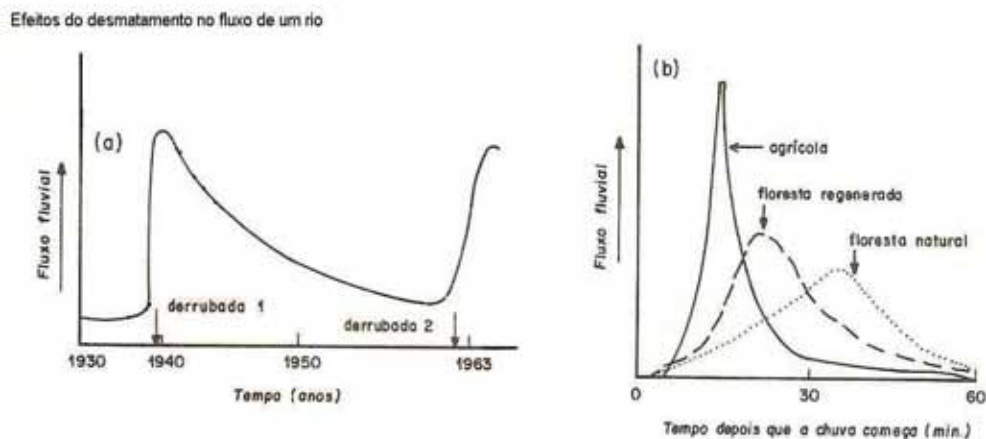


Figura 3 - Efeitos do desmatamento no fluxo de um rio. Em (a) alteração do fluxo fluvial após o desmatamento. Em (b) os diferentes hidrogramas após a chuva em bacias da mesma área com diferentes usos do solo. Fonte: DREW (1994).

Através do hidrograma apresentado, ainda é possível depreender sobre a relação do fator de forma da bacia hidrográfica e a resposta hidrológica que consiste no tempo de concentração, conforme mencionado anteriormente. A forma da bacia hidrográfica influencia diretamente no modo de distribuição do volume precipitado no decorrer do tempo, bem como na velocidade do escoamento, dado pelos níveis de vazão (SILVEIRA, 2000), conforme apresentado na figura 4.

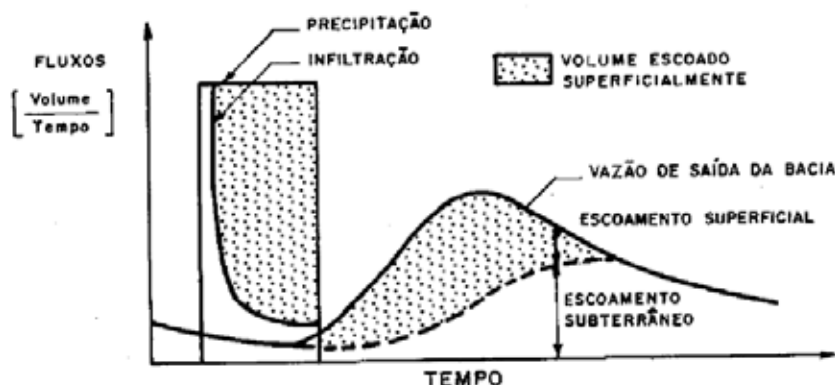


Figura 4 - Resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica¹

Assim também, a estrutura geológica assim como as ações do tempo e dos processos geomorfológicos que produzem o relevo que, por sua vez está entre os elementos naturais que mais sofrem modificações advindas das atividades da sociedade. Nesse caso, as ações antrópicas restringem-se à escala local, infligindo suas ações sobre os ambientes mais sensíveis, dentre elas, os ambientes aquáticos (SILVEIRA, 2000).

Nota-se desse modo como as modificações na superfície da bacia hidrográfica podem produzir impactos de grande significância sobre o escoamento, que pode condicionar o deslocamento de sedimentos (erosão). Esses impactos são caracterizados quanto aos efeitos que provocam no regime das enchentes e vazões, reflexo em muitos casos do desmatamento.

Depreende-se, a partir das considerações expostas que as ocupações humanas aceleraram a erosão natural dos interflúvios, aumentando as agressões às calhas dos rios, os depósitos e a instabilidade dos leitos fluviais. Tais atividades são traduzidas pelo desmatamento, mineração, agricultura e urbanização principalmente.

A compreensão da sensibilidade dos processos hidrológicos a estas modificações é importante, pois podem comprometer a sustentabilidade do meio ambiente e o desenvolvimento da sociedade pela limitação dos usos (abastecimento urbano, irrigação, energia, navegação e etc).

¹ Autoria desconhecida.

2.4 Variabilidade climática e hidrológica

O sentido de variabilidade é amplamente explorado em diversos estudos de cunho geográfico, em especial quando essa variabilidade está associada ao clima, está contida em Sant'Anna Neto (1995), Meller *et al.*, (2005), em Becker *et al.*, (2011), Silva, Silva, (2012), Andrade e Rocha (2011), Rocha e Tommaselli (2012), entre outros. Na geografia a variabilidade pode ser entendida como o conjunto de processos físicos e dinâmicos que ocorrem na superfície, devido à sua irregularidade e a pequenas possibilidades de se ter uma previsão exata (SILVA e SILVA, 2012).

Apoiado na concepção da dinâmica do clima e na sucessão rítmica de Monteiro (1973), Sant'Anna Neto (1995) caracterizou o comportamento pluviométrico no território paulista partindo do pressuposto que a variabilidade se dá em diferentes perspectivas. O autor tratou da variabilidade considerando-a no tempo, no espaço e também diante da presença do ser humano e sua intervenção no meio ao longo de um dado período.

A variabilidade climática é um dos fatores preponderantes para a não estacionariedade dos processos que ocorram no âmbito da bacia hidrográfica (MELLER *et al.* 2005), sendo assim, muito importante na quantidade e qualidade das águas dos rios, bem como a variabilidade da precipitação, intimamente ligada à dinâmica climática que, associada a efeitos marinhos ou continentais pode produzir diferentes efeitos nas bacias hidrográficas.

Em relação à variabilidade hidrológica, há uma gama de estudos acerca do regime hidrológico presente em muitas áreas do conhecimento pelo simples fato de que as mudanças climáticas ou mesmo pequenas mudanças de tempo têm impacto direto nos resultados de estudos sobre os rios. Sendo assim, alguns estudiosos como Menardi Júnior (2000), Reynard *et al.*, (2001), Tucci (2002a), Brasil (2002), Rochail *et al.*, (2003), Clark *et al.*, (2003), Hannah *et al.*, (2006), Kingston *et al.*, (2006), Macdonald *et al.*, (2010), Araujo (2011), dentre outros, apresentam discussões acerca dessa relação que é tão importante para compreender resultados de análises hidrológicas.

Rocha e Tommaselli (2012) chamam atenção para a variedade de estudos relativos à variabilidade hidrológica de tal modo que a variabilidade do regime inter-anual, associada a características de periodicidade, frequência, duração e taxa de

mudança, conforme proposto anteriormente por (Richter *et al.*, 1997) integralizam o sistema com unidade variável.

Para Tucci (2007), a variabilidade temporal das vazões fluviais é aleatória, não havendo possibilidade de previsão para longo prazo, podendo ocorrer excessos hídricos em períodos úmidos e escassez durante os períodos secos.

2.5 Vazões de referências

Vazões de referências são aquelas através das quais é possível conhecer as menores vazões de uma série histórica (CHAVES *et al.*, 2002). De acordo com Silveira *et al.* (2006), o cálculo da vazão mínima de sete dias consecutivos e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), das vazões de 90% e 95% (Q_{90} e Q_{95}) de permanência são importantes parâmetros hidrológicos e muito utilizados nos estudos que envolvem ações de planejamento e gestão do uso dos recursos hídricos.

Estudos com esse desígnio podem suprir a falta de dados hidrológicos, seja através de geração de dados em áreas sem monitoramento ou mesmo através da espacialização das vazões ou admissão de diferentes vazões de referência (MARQUES, 2006). Tais técnicas representam um importante instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, pois também fornecem estimativa estatística da disponibilidade hídrica.

Considerando-se que a Política Nacional também oriente os processos de outorga, os valores de vazão variam de acordo com a legislação de cada estado, ou seja, o percentual de vazão mínima varia de um estado para outro, uma vez que cada um tem seu próprio critério para estabelecimento de vazões de referência (CRUZ, 2001). No Estado de São Paulo, de acordo com Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), o critério estabelecido para outorga é 50% da vazão mínima de 7 dias com tempo de recorrência de 10 anos ($Q_{7,10}$) (MARQUES, 2006).

Em relação às disponibilidades e demandas de água nas Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe as disponibilidades hídricas superficiais da vazão mínima de sete dias de duração são $28 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e $29 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ respectivamente, assim como a demanda de uso desse montante em recursos superficiais são de 8% na Bacia do rio Aguapeí e 6,3% na Bacia do Peixe. Em relação ao montante superficial outorgado para essa área, na Bacia

Hidrográfica do rio Aguapeí é de $2,23 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ da disponibilidade superficial e $1,95 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ dos recursos subterrâneos. Na Bacia Hidrográfica do rio do Peixe, as demandas outorgadas são de $1,83 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ dos recursos superficiais e $0,86 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ dos recursos subterrâneos (CBH-AP, 2013).

2.6 Regionalização de vazão: conceito e importância em estudos geográficos

A regionalização de vazões é uma técnica utilizada para subsidiar a ausência de postos hidrométricos em locais com pouca ou nenhuma disponibilidade de dados, considerada uma ferramenta muito importante para o gerenciamento dos recursos hídricos (SILVEIRA, 2006), podendo assim, ser utilizada também nos estudos geográficos.

Para Tucci (2002), o termo regionalização refere-se à transferência de informações de um local para outro, desde que dentro de uma mesma área geográfica ou com comportamento hidrológico semelhante.

O mesmo autor afirma ainda que, devido aos altos custos para manutenção de uma rede hidrométrica, a criação de condições que aperfeiçoem a qualidade dos dados torna-se muito importante, desse modo, a regionalização

[...] consiste num conjunto de ferramentas que exploram ao máximo as informações existentes, visando à estimativa das variáveis hidrológicas em locais sem dados ou insuficientes. A regionalização pode ser usada para: melhor explorar as amostras pontuais e, em consequência, melhorar as estimativas das variáveis; verificar a consistência de séries hidrológicas e identificar a falta de postos de observação (TUCCI, 2007, p. 573)

A partir do exposto, fica evidente que o uso e aplicação de parâmetros e funções estatísticas são fundamentais para uma boa interpretação dos dados hidrológicos, pois diferente dos modelos matemáticos que apresentam pontos sobre curvas suavizadas, as sequências hidrológicas em aplicações estatísticas mostram os pontos espalhados numa larga amplitude, permitindo maior nível de interpretação (CHOW, MAIDMENT, MAYS, 1988).

De acordo com os autores supracitados, o objetivo da estatística é extrair a informação essencial de um grande conjunto de dados, reduzindo-o a um conjunto menor. A estatística é, portanto, uma coleção de informações que resumem as características mais importantes dos dados analisados.

Assim, o uso e aplicação de parâmetros estatísticos nos estudos de regionalização de vazão são amplos, permitindo envolver múltiplas variáveis em uma única análise, de modo que sejam estabelecidas relações empíricas entre os valores de uma dada função, especialmente do sistema hidrológico. Dentre as funções hidrológicas utilizadas na regionalização de vazões pode-se destacar a curva de permanência, função que possibilita conhecer a frequência de ocorrência no tempo de determinados valores.

Outra aplicação de modelo estatístico importante para os estudos de regionalização é na estimativa da vazão máxima, determinada com base no ajuste da distribuição estatística e na regionalização de vazões ou precipitações. Em estudos que envolvam vazão mínima, há como estabelecer também suas características através da análise de frequência, curva de duração ou permanência. Esta é muito utilizada para áreas sujeitas às secas, tanto pela distribuição desigual das precipitações anuais, ou pelos baixos níveis pluviométricos (TUCCI, 2002).

De acordo com Silva *et al.*, (2005), a utilização do método de razão de áreas de drenagem também é um recurso estatístico aplicado ao estudo de vazões mínimas para identificação de vazão em áreas sem monitoramento, através de interpolação e extrapolação de vazões mínimas, dependendo da localidade da área de interesse em relação ao ponto onde houve coleta do dado.

O zoneamento hidrológico de uma bacia hidrográfica pode servir como importante ferramenta para se visualizar áreas de comportamento semelhante do ponto de vista do aproveitamento de água superficial, de forma a contribuir para um planejamento e gestão dos recursos hídricos superficiais. Assim como os princípios que regem o zoneamento ambiental, tem como objetivo o equilíbrio dos ecossistemas e a sustentabilidade dos recursos naturais. Neste trabalho, o zoneamento hidrológico superficial se refere a uma análise paralela à análise de regionalização hidrológica tradicional, utilizando-se das mesmas variáveis mas, contudo, avaliando-se períodos hidrológicos distintos.

CAPÍTULO III

3 MATERIAL E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Primeiramente foi feita toda a parte de tratamento estatístico dos dados de precipitação, então o preenchimento das falhas e análise para identificação de diferenças entre as médias (teste t), em seguida procedeu-se às análises propriamente, conforme descrito em detalhes nos parágrafos seguintes. Buscando atender aos objetivos propostos e à análise da presente pesquisa, foram reunidos documentos bem como artigos científicos e outras publicações existentes acerca da área de estudo, como também acerca de assuntos específicos, a fim de corroborar com as análises aqui propostas.

3.1 Tratamento dos dados de precipitação

Os dados de precipitação foram obtidos de três sítios governamentais, quais sejam: Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos hídricos do estado de São Paulo (SIGRHi); Agência Nacional de Águas (ANA) e Departamento de Energia Elétrica do estado de São Paulo (DAEE) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)². Os dados de precipitação disponíveis na bacia hidrográfica do rio do Peixe variam entre os anos de 1940 ao ano de 2012; e entre os anos de 1939 a 2004 na bacia hidrográfica do rio Aguapéí.

No total foram coletados dados pluviométricos de 68 estações, no entanto optou-se em trabalhar especificamente com aquelas estações, cujas séries de dados apresentavam menor quantidade de falha. O quadro 1 apresenta a totalidade das estações inventariadas para a presente análise.

² A única estação pluviométrica obtida do INMET foi aquela localizada no município de Presidente Prudente, cuja identificação é A707.

Município	Prefixo	Alt.	Lat.	Long.	Bacia	Série histórica
Adamantina	2151049	290 m	21°26'	51°01'	Aguapeí	1971-2003
Álvaro de Carvalho	2249066	580 m	22°05'	49°43'	Aguapeí	1970-2003
Bento de Abreu	2150014	430 m	21°19'	50°52'	Aguapeí	1970-2000
Braúna	2150024	480 m	21°34'	50°20'	Aguapeí	1938-2003
Cafelândia	2149074	480 m	21°51'	49°42'	Aguapeí	1950-1969
Florida Paulista	2151013	380 m	21°30'	51°09'	Aguapeí	1947-2004
Garça	2249006	680 m	22°12'	49°39'	Aguapeí	1930-2004
Garça	2249061	640 m	22°11'	49°35'	Aguapeí	1972-2000
Getulina	2149055	480 m	21°47'	49°56'	Aguapeí	1939-1948
Getulina	2150030	430 m	21°45'	50°07'	Aguapeí	1939-2004
Guaimbe	2149025	500 m	21°53'	49°54'	Aguapeí	1963-1971
Guaranta	2149043	470 m	21°55'	49°39'	Aguapeí	1958-2001
Inubia Paulista	2150062	420 m	21°45'	50°57'	Aguapeí	1946-1972
Julio Mesquita	2149030	460 m	21°55'	49°47'	Aguapeí	1937-2000
Junqueirópolis	2151009	390 m	21°26'	51°22'	Aguapeí	1970-2000
Lucélia	2151029	460 m	21°44'	51°01'	Aguapeí	1947-1967
Lucélia	2151039	460 m	21°44'	51°01'	Aguapeí	1963-2004
Luisiania	2150029	420 m	21°42'	50°18'	Aguapeí	1946-2004
Monte Castelo	2151006	330 m	21°18'	51°34'	Aguapeí	1957-2004
Nova Independência	2151004	310 m	21°06'	51°29'	Aguapeí	1970-2000
Pacaembu	2151046	310 m	21°25'	51°13'	Aguapeí	1949-1958
Piacatu	2150025	420 m	21°36'	50°36'	Aguapeí	1971-2004
Pirajui	2149044	500 m	22°01'	49°34'	Aguapeí	1943-1950
Pirajui	2249005	550 m	22°03'	49°37'	Aguapeí	1942-2004
Pirajui	2249073	550 m	22°02'	49°39'	Aguapeí	1942-1952
Promissão	2150071	450 m	21°39'	50°01'	Aguapeí	1972-2001
Rinópolis	2150064	410 m	21°44'	50°43'	Aguapeí	1946-2000
Rubiácea	2150070	400 m	21°25'	50°50'	Aguapeí	1972-2000
Salmorão	2150028	370 m	21°37'	50°55'	Aguapeí	1955-2004
Adamantina	2151005	440 m	21°41'	51°05'	Peixe	1956-2004
Bastos	2150038	440 m	21°55'	50°44'	Peixe	1946-2004
Borá	2250010	470 m	22°15'	50°33'	Peixe	1971-2000
Flora Rica	2151014	340 m	21°43'	51°27'	Peixe	1970-1974
Flora Rica	2151056	300 m	21°44'	51°27'	Peixe	1974-2004
Florida Paulista	2151012	380 m	21°37'	51°10'	Peixe	1954-2004
Garça	2249045	660 m	22°13'	49°39'	Peixe	1943-1962
Iacri	2150037	510 m	21°52'	50°42'	Peixe	1946-2004
Irapuru	2151011	440 m	21°34'	51°21'	Peixe	1949-2004
Lucélia	2151061	400 m	21°47'	51°02'	Peixe	1941-1942
Lucélia	2151045	450 m	21°43'	51°01'	Peixe	1947-1960
Mariápolis	2151016	370 m	21°47'	51°11'	Peixe	1970-2000

Município	Prefixo	Alt.	Lat.	Long.	Bacia	Série histórica
Marília	2249051	490 m	22°15'	50°05'	Peixe	1958-1969
Marília	2249009	660 m	22°14'	49°56'	Peixe	1936-1974
Marília	2249016	420 m	22°19'	50°00'	Peixe	1957-1976
Marília	2249079	650 m	22°13'	49°57'	Peixe	1938-1971
Marília	2249008	640 m	22°13'	49°56'	Peixe	1939-2004
Marília	2250050	400 m	22°16'	50°09'	Peixe	1944-1957
Marília	2250046	440 m	22°21'	50°03'	Peixe	1972-2000
Marília	2250065	500 m	22°16'	50°06'	Peixe	1976-2004
Oriente	2250082	580 m	22°08'	50°07'	Peixe	1937-1942
Oscar Bressani	2250080	490 m	22°19'	50°18'	Peixe	1937-1943
Oswaldo Cruz	2150032	460 m	21°48'	50°52'	Peixe	1953-2004
Ouro Verde	2151052	270 m	21°35'	51°43'	Peixe	1971-2004
Pompéia	2250056	580 m	22°06'	50°15'	Peixe	1938-1950
Pompéia	2250008	420 m	22°13'	50°14'	Peixe	1971-1979
Presidente Bernardes	2251063	420 m	22°01'	51°33'	Peixe	1936-1947
Presidente Venceslau	2151047	410 m	21°52'	51°50'	Peixe	1951-1962
Presidente Venceslau	2151054	320 m	21°43'	51°49'	Peixe	1972-2000
Quintana	2250003	600 m	22°04'	50°18'	Peixe	1940-2000
Quintana	2250083	400 m	22°11'	50°24'	Peixe	1979-2000
Rancharia	2150040	320 m	21°57'	50°56'	Peixe	1944-2004
Rancharia	2250064	430 m	22°07'	50°50'	Peixe	1974-2004
Ribeirão dos Índios	2151060	420 m	21°50'	51°36'	Peixe	1982-1998
Santo Anastácio	2151033	400 m	21°51'	51°36'	Peixe	1938-1943
Tupã	2150039	510 m	21°56'	50°32'	Peixe	1942-2000
Tupã	2250004	430 m	22°04'	50°32'	Peixe	1971-2000
Vera Cruz	2249007	630 m	22°13'	49°49'	Peixe	1939-1971
Presidente Prudente	A707	433 m	22°07'	51°22'	Peixe	1968-2012

Quadro 1 - Estações pluviométricas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe
Org.: Andrade, 2014.

Pelo fato de haver disparidade no início das séries de dados, em outras palavras, em algumas estações as leituras começaram antes e em outras depois, optou-se em utilizar para tal análise aquele período em que todas as estações pluviométricas possuem dados. Ou seja, nessa análise optou-se em trabalhar com o recorte do período entre 1975 e 1999.

A série de dados entre as 39 estações pluviométricas foi cuidadosamente examinada e avaliada. Aquelas séries com falhas de dados foram preenchidas utilizando alguns critérios tais como:

- i) estações com séries mais longas de precipitação, com características semelhantes ao ambiente físico, por exemplo região climática, topográfica e;
- ii) para o preenchimento adotou-se o critério estatístico embasado na existência de um coeficiente mínimo de determinação (Pearson) entre os dados, com o critério mínimo na regressão linear como a existência de um coeficiente de determinação $R^2 \geq 0,7$ (Macdonald *et al.* de 2008). Assim sendo, a equação aplicada foi:

$$y = ax + b \quad (1)$$

onde,

y = valor estimado;

x = estação pluviométrica com dados;

a e b = parâmetros de regressão.

Durante a execução do Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE), algumas análises que indicassem a correlação entre precipitação e descarga foram efetuadas, assim, foram praticados apenas testes de correção linear do tipo Pearson. De acordo com a metodologia adotada, se o coeficiente de determinação é $<0,7$ considera-se que não há correlação entre os dados.

A partir do pressuposto optou-se em identificar os padrões de distribuição da precipitação apenas pelas análises dos dados de chuva em ambas as bacias hidrográficas Aguapeí e Peixe no período de 1975 a 1999.

3.1.1 Análise de componentes principais (ACP's) aplicada aos estudos da distribuição dos dados pluviométricos e na integração dos parâmetros fisiográficos

A análise de componentes principais se deu em dois momentos distintos das investigações realizadas. Para tais análises foram utilizados dois softwares diferentes, pois em um primeiro momento, durante a execução do estágio de intercâmbio, a exploração dos dados pluviométricos se deu através do software SPSS® e do Excel®, conforme descrito em detalhes a seguir. E posteriormente, quando da obtenção dos

parâmetros fisiográficos das sub-bacias, também algumas análises foram empregadas, através do software STATÍSTICA.

Tratam-se de softwares com as mesmas funcionalidades. Então os métodos da análise de componentes principais, por exemplo, seguem as mesmas premissas, diferenciando-se apenas nos comandos empregados em cada programa.

Essa análise baseia-se na redução das dimensões de um conjunto de dados em que há um grande número de variáveis inter-relacionadas, mantendo, tanto quanto possível, a variabilidade deste conjunto (JOLLIFFE, 2002).

A ACP é uma técnica para reduzir conjunto de dados, derivando novas variáveis (CPs), explicando a variação na precipitação de uma forma mais eficiente. Macdonald e Phillips (2006). A ACP foi aplicada à matriz de variáveis observadas, com finalidade de encontrar um padrão na distribuição da precipitação.

A subdivisão do período de vinte e cinco anos da série de dados de chuva em dois períodos se deu pelo fato de que ao analisar a série como um todo ao longo do tempo, as análises não mostraram variabilidade significativa, não havendo, portanto, mudanças de padrão na distribuição das chuvas na área de estudo, conforme proposto por Macdonald e Phillips (2006).

Esse mesmo procedimento foi então repetido nos dois períodos em que a série histórica foi dividida para o total de 36 estações pluviométricas (1975-1987 e 1987-1999) buscando identificar mudanças no padrão de distribuição das chuvas na área de interesse.

Para identificação das regiões homogêneas em ambas as bacias, foi empregado o método Ward, através do agrupamento hierárquico, conforme apontado por Jolliffe (2002). De acordo com esse autor, o método de Ward procura reunir as estações disponíveis em grupos distintos, conforme a distribuição das chuvas mensais. O processo de agrupamento considera inicialmente as estações como pertencentes a um único grupo.

Já as análises multivariadas empregadas no entendimento das relações hidrológicas com os parâmetros fisiográficos das sub-bacias, no caso “análise de agrupamento” e “ACP”, foram executadas com o objetivo de se identificar a distribuição espacial e temporal do conjunto de dados.

3.2 Estatística básica aplicada aos dados fluviométricos

Para execução deste estudo, realizou-se um inventário de postos fluviométricos e pluviométricos partir dos sítios eletrônicos da Agencia Nacional de Águas (ANA) e do Departamento Estadual de Águas de São Paulo (SIGRH), conforme ilustrado pela figura 5.

Para efeito de informação, foram inventariadas entre as duas bacias hidrográficas um conjunto de doze postos fluviométricos com dados de vazão, que foram adquiridos através dos órgãos mencionados no parágrafo anterior. Por meio de troca de mensagens eletrônicas com um servidor da Agência Nacional de Águas, foi possível certificar de que há mais postos fluviométricos na área de estudo, no entanto, não há dados disponíveis, pois os mesmos se perderam em processos de privatização, mudanças de órgãos gestores ou outros motivos³.

³ Motivos não especificados.

De posse dos dados fluviométricos e pluviométricos, a primeira etapa foi o tratamento estatístico dos mesmos, para isso utilizou-se de estatísticas básicas através do software Excel®⁴. Foram elaboradas planilhas contendo dados de vazão média mensal e o cálculo de médias anuais também foi um procedimento empregado. Para as estações com série histórica incompleta, os dados foram estimados com base estatística a partir de correlacionamento estabelecido pelo coeficiente de determinação $R^2 \geq 0,7$, através da regressão linear simples, entre postos da mesma área geográfica, conforme proposto por Poff *et al.*, (1997) e Macdonald *et al.*, (2008).

Estatísticas básicas foram empregadas como as medidas de dispersão, amplitude e desvio padrão por tratar-se de parâmetros para descrição de dispersão e variabilidade (Iemma, 1992). O desvio padrão mostra o quanto de variação ou dispersão há em relação à média, e é expresso pela equação:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(x-x_i)^2}}{N-1} \quad (2)$$

O coeficiente de variação, utilizado para expressar a variabilidade dos dados tirando-se a influência da ordem de grandeza da variável e, quanto menor for o seu valor, mais homogêneo será o conjunto de dados, ou seja, maior a representatividade da média. Usualmente é expresso em porcentagem (Iemma, 1992), é representado pela equação:

$$cv = 100 \left(\frac{\sigma}{x} \right) \quad (3)$$

A amplitude foi empregada com finalidade de analisar a magnitude de vazão. Nesse caso, não foi necessário uso de equações, apenas subtração das diferenças entre máximas e mínimas magnitudes de fluxo de cada posto fluviométrico.

A etapa seguinte consubstanciou-se no teste estatístico denominado teste t ou t-Student, que é um teste de hipótese aplicado para comparar dois conjuntos de dados (populações), nesse caso, médias, cuja variância é conhecida (MAGALHÃES e LIMA, 2005). Nesse caso usa-se a variância amostral no lugar da variância populacional.

Esse teste tem a função de provar estatisticamente se há diferenças significativas ou não significativas entre duas amostras aleatórias. Considerando-se uma hipótese

⁴ Software registrado pela Microsoft

alternativa para os grupos de vazão média analisados, pois as médias dificilmente serão iguais entre si.

Para esse procedimento considerou-se o nível e significância de 5%, ou seja, todo e qualquer valor que estiver acima desse nível se $p - \text{value} < 0.05$, existe diferença entre as amostras A e B. E se $p - \text{value} > 0.05$, não existe diferença entre as amostras, conforme esquema apresentado pela figura 6.

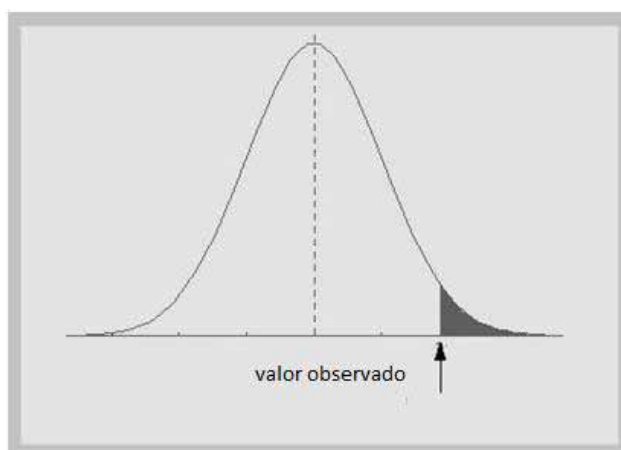


Figura 6 - Teste de hipóteses aplicado ao conjunto das vazões médias mensais
Fonte: Adaptado de Bussab (1997)

3.3 Identificação e análise dos períodos hidrológicos

A análise dos períodos hidrológicos centrou-se em identificar diferentes períodos (número de anos dentro do intervalo entre uma inflexão e outra no gráfico de vazões médias anuais) de um posto fluviométrico em cada bacia hidrográfica, possibilitando apontar períodos mais longos e mais curtos, de acordo com a inflexão observada visualmente nos gráficos da vazão média anual, a fim de atingir o reconhecimento de alterações no regime hidrológico e suas possíveis causas. Essa metodologia é estabelecida pelo uso dos IAH (índices de alteração hidrológica), proposta por Poff *et al.*, (1997) que se baseia na análise da magnitude de fluxo, periodicidade e frequência.

A magnitude do fluxo em qualquer intervalo de tempo é o volume de água em movimento que passa por um local fixo, por unidade de tempo (CHARLTON, 2007). A magnitude pode ser referida tanto à descarga absoluta ou relativa. Máximas e mínimas

magnitudes de fluxo podem variar entre os rios, conforme o clima e o tamanho de cada bacia hidrográfica (ROCHA, 2010).

A periodicidade representa uma forma de variação regular ou oscilatória das vazões, com mudanças diárias, sazonais ou seculares, relacionando-se a vazões que se repetem em intervalos de tempo regulares (DESTEFANI, 2005).

A frequência representa um fluxo de magnitude indefinida que recorre ao longo de intervalo específico de tempo, podendo ser inversamente relacionada à magnitude de fluxo (ROCHA, 2002).

As análises desses índices foram executadas a partir dos cálculos de valores médios, de desvio padrão e mínimos de vazão para cada período hidrológico. Tais índices compreendem importante ferramenta para execução de políticas públicas e tomadas de decisão que, para o caso da área de estudo, espera-se que contribua com as ações do Comitê de Bacias Hidrográficas, cuja competência é voltada à gestão da água.

3.4 Morfometria das Bacias

Para a obtenção dos parâmetros morfométricos, como área de bacia (A), densidade de drenagem (Dd), comprimento total dos rios (L_t), comprimento total do curso principal da bacia e o fator de forma da bacia foram empregadas as equações e os procedimentos propostos por Christofolletti (1974), conforme detalhado:

- Os parâmetros correspondentes à caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica, tais como área da bacia (A), comprimento total dos canais (L_t) e Densidade de drenagens (Dd) foram obtidos através da ferramenta Arcswat habilitada em ambiente Gis, utilizando-se o software ArcGis 10.2. Estes foram obtidos por meio dos vetores de drenagens dos rios na escala de 1:250.000 para cada sub-bacia delimitada, conforme detalhamento ilustrado pela figura 7:



Figura 7 - Esquema representativo procedimento para delimitação de sub-bacias e obtenção de parâmetros morfométricos

Na análise areal, o fator de forma da bacia hidrográfica indica a largura média e o comprimento axial da mesma, sendo possível avaliar a relação entre o volume escoado e o tempo de concentração do escoamento na bacia hidrográfica, obedecendo sempre os padrões de grandeza, declividade e cobertura vegetal na área estudada (VILLELA e MATTOS, 1975).

O fator de forma usualmente indica tendência para enchentes em uma bacia hidrográfica. Assim, o comprimento axial da bacia hidrográfica (L) foi obtido do comprimento do curso principal da bacia, por meio por meio de operações métricas no software Arc Gis 10.2. Dividindo-se a área pelo comprimento da bacia, é possível obter a largura da mesma, conforme expresso pela equação:

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (4)$$

O coeficiente de compacidade ou índice de Gravelius (K_c) expressa a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de área de tamanho aproximado ao da bacia. Conforme indicado na equação a 16:

$$K_c = \frac{0,28P}{\sqrt{A}} \quad (5)$$

onde P e A são respectivamente perímetro em km e área da bacia em km^2 .

Conforme bem elucidado por Mendes e Cirilo (2001), o espaço com todas suas variáveis se associa diretamente a algum valor correspondente às variáveis representadas pelo sistema de informação geográfica, em outras palavras, para a execução desse procedimento de extração de parâmetros morfométricos foi utilizada uma base de dados matriciais (imagem raster) ou SRTM, sigla da língua inglesa que quer dizer Missão Topográfica Radar Shuttle. A partir dessa imagem foi gerado o fluxo acumulado, conforme representado na figura 7, e desta foi extraída a rede de drenagem para então determinar os pontos de saídas correspondentes a cada sub-bacia (indicada por cada posto fluviométrico) para então efetuar os cálculos dos parâmetros de cada sub-bacia.

Para obtenção dos seguintes parâmetros morfométricos foram aplicadas automaticamente as seguintes equações:

Para o cálculo da Densidade de drenagens (Dd) foi aplicado expressão:

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad (6)$$

Onde: Dd é a densidade de Drenagens, Lt é o comprimento total dos canais e A corresponde a área da bacia.

Alem dos parâmetros acima detalhados também foi possível extrair informações como área, elevação do terreno, profundidade do talvegue e o comprimento do curso principal de cada sub-bacia, calculados com base na modelagem do terreno (MDT).

A classificação do padrão de drenagem é definida de acordo com características geológicas e geomorfológicas da área em estudo. Há diferentes arranjos que possibilitam uma classificação baseada na forma geométrica e em variáveis de natureza física da região. De acordo com Christofletti (1974), os principais padrões de drenagem são: padrão dendrítico, paralelo, retangular, radial, treliça e anelar, conforme ilustrado pela figura 8.

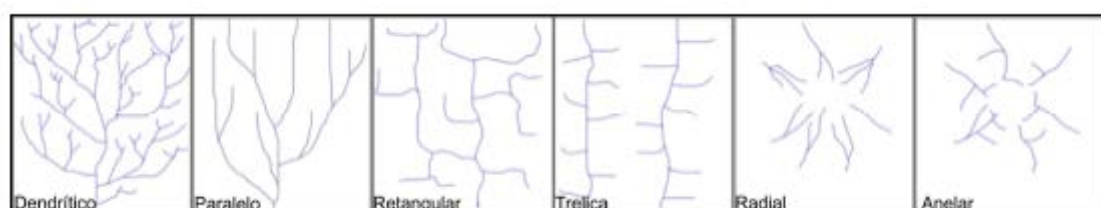


Figura 8 - Padrões de drenagem. Organizado por Gonçalves (2011)

3.5 Análise de Frequência da vazão mínima

A quantificação estatística de dados aleatórios como séries hidrológicas é executada através de modelos probabilísticos que são distribuições teóricas de probabilidade aplicada a séries formadas por variáveis discretas ou contínuas (LEME, 2002).

O mesmo autor afirma que:

As variáveis discretas estão relacionadas com números de ocorrência ou de intervalo de tempo até a observação de um evento de interesse. Os modelos aplicáveis às variáveis discretas são de dedução simples. A análise e o ajuste de variáveis contínuas como a vazão, a precipitação e outras, requer o conhecimento de modelos probabilísticos teóricos e sua aplicação à distribuição amostral de frequência (LEME, 2002, pp.78).

Baseado na proposta metodológica do autor supracitado, a seleção da distribuição de probabilidade ajustável a cada série histórica foi efetuada, utilizando-se o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov e o coeficiente de variação (BAENA *et al.*, 2004). Após a seleção da distribuição probabilística com melhor ajuste aos dados de vazões, foi obtido o valor da vazão mínima com sete dias de duração.

Dessa forma, delineou-se um comparativo entre as quatro distribuições, quais sejam, a distribuição Gama, que é amplamente utilizada para testes de confiabilidade e previsão do tempo, dentre outras análises. Sendo X uma variável aleatória, com uma distribuição de probabilidade gama denotado por $\text{Gama}(\alpha, \beta)$, cuja função de densidade de probabilidade (f.d.p.) é dada por

$$f(x|\alpha, \beta) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \exp\{-\beta x\} \quad (7)$$

para todo $x > 0, \alpha > 0$ e $\beta > 0$. Seja $\Gamma(\alpha)$ a função gama definida como

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty e^{-x} x^{\alpha-1} dx \quad (8)$$

A média e variância da distribuição gama (7) são dadas respectivamente por

$$E(X) = \frac{\alpha}{\beta} \text{ e } \text{var}(X) = \frac{\alpha}{\beta^2} \quad (9)$$

A distribuição log-normal também amplamente utilizada em diversas áreas do conhecimento. Se Y possui uma distribuição normal com média μ e variância σ e

$X = \exp(Y)$ então pode-se afirmar que X possui uma distribuição log-normal e sua função de densidade de probabilidade é dada por

$$f(x|\mu, \sigma) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{2}}\sigma x} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(x) - \mu}{\sigma}\right)^2\right) \quad (10)$$

para todo $x > 0, \mu > 0$ e $\sigma > 0$.

A média e variância da distribuição log-normal (12) são dadas respectivamente por

$$E(X) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} \quad \text{e} \quad \text{var}(X) = (e^{\sigma^2} - 1)e^{2\mu + \sigma^2} \quad (11)$$

Nomeada em homenagem a Waloddi Weibull a distribuição Weibull é uma das principais distribuições de probabilidade contínuas. Se X segue uma distribuição Weibull então sua função de densidade de probabilidade é dada por

$$f(x|\alpha, \beta) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}\right) \quad (12)$$

para todo $x > 0, \alpha > 0$ e $\beta > 0$. A média e variância da distribuição Weibull (12) são dadas respectivamente por

$$E(X) = \beta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \quad \text{e} \quad \text{var}(X) = \beta^2 \left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)^2\right) \quad (13)$$

A distribuição de Gumbel para valores mínimos representa a parte inferior da distribuição de dados e trata dos valores mínimos menos frequentes, conforme mencionado por Leme (2002). Dessa forma, sua função de densidade de probabilidade é dada por

$$f(x|\alpha, \beta) = \frac{1}{\beta} \exp\left(\left(\frac{x - \alpha}{\beta}\right) - \exp\left(\frac{x - \alpha}{\beta}\right)\right) \quad (14)$$

para todo $x > 0, \alpha > 0$ e $\beta > 0$. A média e variância da distribuição Gumbel (14) são dadas respectivamente por

$$E(X) = \alpha + \gamma\beta \quad \text{e} \quad \text{var}(X) = \frac{\pi^2}{6}\beta^2 \quad (15)$$

sendo $\gamma \approx 0.5772$ a constante Euler-Mascheroni.

Utilizou-se para tal a função de apenas dois parâmetros (α que é chamado de parâmetro de locação, o parâmetro β é o parâmetro de forma e m é o chamado de parâmetro escalar) por tratar-se de uma simplificação, conforme mencionado por

Limpert *et al.* (2001). Os dois parâmetros podem ser estimados pela máxima verossimilhança, porém existem outras formas de estimação destes parâmetros.

Ressalta-se que todo o procedimento foi repetido nos dados de cada período hidrológico utilizando-se para o *Software* R⁵, com objetivo de identificar as variações da frequência e comparar como a vazão mínima varia em cada um dos períodos.

3.5.1 Estimativa de vazões mínimas de referência para as bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe

De acordo com Ribeiro *et al.*, (2005), o estudo de regionalização de vazões mínimas tem como objetivo fornecer subsídios que auxiliem nas tomadas de decisão nos processos de concessão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos, conforme estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/1997. Nesse aspecto o levantamento do regime hidrometeorológico no âmbito da bacia hidrográfica faz-se importante, sobretudo no que tange o monitoramento dos recursos.

Conforme mencionado no tópico introdutório, para o desenvolvimento da presente pesquisa utilizou-se da matriz conceitual dos pressupostos da regionalização de vazões mínimas, assim aponta-se a área de drenagem como uma das principais características físicas explicativas da variação da vazão específica na área, assim também foi considerado o comprimento do curso principal.

Sendo a vazão específica média o elemento mais importante no conjunto de variáveis analisadas, percebeu-se a importância em buscar metodologias para estimativa dessa informação em áreas onde tal dados não estava disponível. Então a partir metodologia proposta por Chaves *et al.*, (2002), foi feita a estimativa da vazão em uma seção de interesse cuja localização é a montante de postos com vazão conhecida.

Trata-se do posto (63140000) integrante da rede hidrometeorológica da bacia hidrográfica do rio Aguapeí, cujo dado faltante corresponde ao primeiro dos três períodos hidrológicos estudados. A equação aplicada para estimar esse dado foi a seguinte:

$$Q_z = \left(\frac{A_z}{A_x}\right)Q_x \quad (16)$$

Em que:

⁵ Produto desenvolvido em laboratório para processamento de dados estatísticos e principalmente gráficos.

Q_z é a vazão mínima de referência em uma seção da bacia de vazão desconhecida;
 Q_x é a vazão de referência em um posto fluviométrico próximo com vazão conhecida e;
 A_z e A_x são as áreas de drenagem relativas à seção de vazão desconhecida e ao posto próximo, respectivamente.

Salienta-se que a partir dessa metodologia foi obtida a vazão média da série naquele referido período e posteriormente aplicou-se a equação para obtenção da vazão específica média.

3.5.2 Identificação da vazão mínima

A vazão mínima de sete dias foi obtida através da vazão diária, cujos dados foram organizados em colunas no formato DD/MM/AA⁶ considerando para tal ano convencional. A Q_7 foi obtida calculando-se as médias móveis da vazão diária com janelas de 7 dias ao longo de um ano, a mínima dessas médias móveis, cuja probabilidade de ocorrência seja de 10% deverá ser retida para então aplicar um ajuste de distribuição probabilidades, tais como Gumbel para mínimos, Gumbel ajustado e Weibull ajustado, como proposto por Tucci *et al.*, (1993). Deve-se também verificar a aderência dos valores ajustados à série observada, conforme Naghettini e Pinto (2007). A figura 9 apresenta um exemplo da aplicação deste método no posto fluviométrico de Tupã, localizado no médio rio do Peixe.

⁶ Organização em coluna por Dia, Mês e Ano em planilhas do Excel

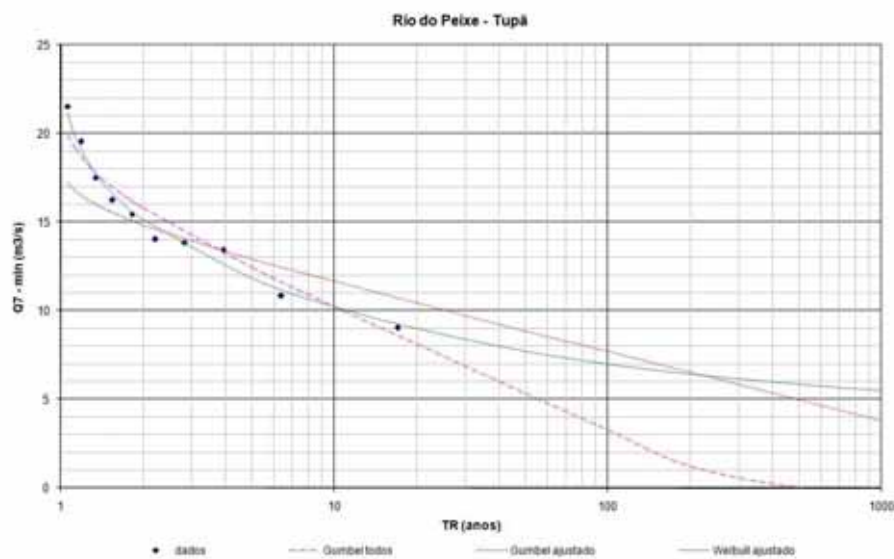


Figura 9 - Ajuste das vazões anuais mínimas pelas distribuições de probabilidades de Gumbel, Gumbel ajustado e Weibull ajustado para o posto fluviométrico de Tupã, rio do Peixe

A $Q_{7,p}$ que para este trabalho foi estabelecida como sendo a vazão mínima de sete dias com probabilidade de ocorrência em p anos corresponde àquela vazão dentro da quantidade de anos com dados dentro do que foi previamente identificado como sendo um período hidrológico, em outras palavras, dos períodos com 6 anos de dados diários foi calculado a $Q_{7,6}$, pois espera-se que a vazão mínima de sete dias tenha período de recorrência de 6 anos.

A $Q_{7,p}$ foi obtida através da metodologia de distribuição de probabilidade de Gumbel (aplicada a estudo de vazão mínima) e Weibull. Essas distribuições estão detalhadamente apresentadas no item anterior, neste capítulo, dadas pelas equações (12 e 14).

Acredita-se que o grande diferencial da presente pesquisa é apresentar a variabilidade em períodos hidrológicos, ou seja, anos subseqüentes cuja vazão apresenta um comportamento padrão, diferente de um determinado tempo decorrido ligeiramente anterior ou posterior.

3.6 Cálculo da vazão específica média

O índice de vazão específica média é determinado pela razão entre a vazão média em uma dada seção de medição e a respectiva área de drenagem (TUCCI, 2002). Esse

índice deve ser utilizado apenas em áreas com baixa densidade de postos fluviométricos, a partir de um software de geoprocessamento é possível obter ao menos a ordem de grandeza da vazão ao longo do curso do rio (LIMA *et al.*, 2008).

De acordo com Tucci (2002) existe uma tendência de redução da vazão específica de montante para jusante, conforme o aumento do tamanho da bacia e o comprimento do rio. Lima *et al.*, (2008) acreditam que o monitoramento hidrométrico em muitos pontos de uma bacia hidrográfica nem sempre é possível de ser estabelecido, por tratar-se de uma atividade que requer disponibilidade de recursos financeiros e humanos, o que muitas vezes dificulta o monitoramento igualmente distribuído em grandes bacias hidrográficas.

Nesse sentido, a regionalização hidrológica pode ser compreendida também como uma técnica de melhoramento da qualidade dos dados hidrológicos. Assim, a vazão específica média, variável que pode ser regionalizada é obtida pela seguinte equação (TUCCI, 2002):

$$Q_e = Q_m/A \quad (17)$$

Onde:

Q_e é a vazão específica média em l/s.km²;

Q_m é a vazão média mensal em m³/s convertido para l.s/km²;

A é a área de influência na bacia hidrográfica em km².

3.7 Mapeamento das variáveis hidrológicas: Zoneamento hidrológico

O mapeamento das variáveis hidrológicas foi realizado através do ArcMap/ArcGis 10.2. As bases georreferenciadas de geologia e geomorfologia foram obtidas do CHB-AP (1997), estas foram tratadas e organizadas, conforme padrões apresentados por IPT (1981b).

Foram também utilizadas informações pertinentes aos postos fluviométricos e pluviométricos para espacialização dos mesmos na área de estudo. Para isso, as informações de posicionamento dos postos (sistema de coordenadas) em adição aos resultados obtidos nas análises foram representadas na forma de mapas. A

representação da vazão específica se deu através da apresentação dos dados de cada posto, conforme período hidrológico identificado.

Os mapas de distribuição das chuvas anuais foram elaborados através de um método geoestatístico, o modelo teórico de interpolação krigagem. Esse método consiste de um conjunto de técnicas de regressão que leva em consideração as características espaciais de autocorrelação de variáveis regionalizadas (LANDIM, 2002). O software utilizado para esse procedimento foi também o ArcMap/Arcgis 10.2.

3.80 Método de regionalização empregado pelo DAEE

Destaca-se que a grande diferença entre os procedimentos adotados para desenvolvimento desta pesquisa e aqueles empregados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), que é a divisão de uma série temporal de vazão em períodos hidrológicos, visto que o referido órgão não considera tais variabilidades em função do tempo.

Dessa forma, todas as operações estatísticas empregadas para análise foram empregadas da mesma forma em todos os períodos hidrológicos apresentados, inclusive análises de vazão de referência. Enquanto que o referido DAEE utilizou para a realização da regionalização de vazão no estado de São Paulo os totais anuais de precipitação de 444 postos pluviométricos para elaboração de cartas de isoietas, séries de vazão diária de 88 postos fluviométricos. Também foi empregada pelo mesmo órgão a variável disponibilidade hídrica em função da finalidade do projeto, sendo que o objetivo do mesmo é a busca por atendimento de uma demanda para abastecimento, para tal é necessário verificar se a vazão a ser captada é menor do que a descarga mínima para um dado período de retorno.

Caso a demanda seja maior que a mínima e menor que a média de longo período, é preciso avaliar qual o volume de armazenamento necessário para atender essa demanda, associado a um determinado risco de não atendimento em um ano qualquer.

Dessa forma, a metodologia desenvolvida pelo DAEE permite a avaliação da disponibilidade hídrica em qualquer curso de água no território paulista. Para tal os parâmetros utilizados foram:

-Vazão média de longo período;

- Vazão mínima de duração variável de um a seis meses associada à probabilidade de ocorrência;
- Curva de permanência de vazões;
- Volume de armazenamento intra-anual necessário para atender dada demanda, sujeito a um risco conhecido;
- Vazão mínima de sete dias associada à probabilidade de ocorrência.

Em conformidade com a proposta desta pesquisa os parâmetros a serem utilizados para realização da análise espaço-temporal do escoamento fluvial nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe são:

- Área da bacia;
- Vazão específica média, conforme os períodos hidrológicos identificados;
- Vazão mínima de sete dias associada à probabilidade de ocorrência;
- Precipitação anual para geração de vazão onde não há posto de monitoramento.

CAPÍTULO IV

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A descrição geográfica aliada a um breve histórico da área de estudo é notavelmente importante para a compreensão de processos naturais, corriqueiros ou eventos extremos. Assim, além do breve discorrer do processo de desbravamento da área, alguns aspectos geográficos das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, sejam eles litologia, relevo e solo são expostos de forma sucinta, bem como alguns fatores de uso e ocupação no âmbito regional.

4.1 Histórico de ocupação

A ocupação do Oeste do estado de São Paulo tem origem no período de ocupações oriundas de Leste para Oeste, conforme destacado por Monbeig (1984), impulsionada, sobretudo pelas atividades econômicas que nessa área se estabeleceram a partir da década de 1850, conforme mencionado pelo autor supracitado.

Conforme a frente de ocupação adentrou no Oeste do estado, assim também os vales dos rios Aguapeí e Peixe já foram sendo instituídos, sobretudo nas áreas onde o café já se havia consolidado como cultura, e posteriormente sendo substituído pela pecuária. Num primeiro momento as redes de drenagem, ainda navegáveis era uma das principais vias de transporte, sendo que tais avanços foram deveras significativos no espigão que separa as bacias do Paranapanema e do rio do Peixe (MONBEIG, 1984; CHB-AP, 1997).

Nos primeiros anos do século XX, com o cessar do regime servil e transformações no sistema de utilização de mão de obra, os grandes cafeicultores passaram a empregar mão de obra livre para o trabalho nos campos de produção, foi então que teve início as grandes imigrações, vindas, sobretudo da Europa. Foi a partir de então que vilas e cidades nessa área do estado testemunharam um crescimento significativo (CHB-AP, 1997).

Em relação à tendência de uso e ocupação observada no período ente 1985 e 1997 na área de estudo, o autor supracitado observa que essa área tem mantido o

mesmo cenário das décadas anteriores, havendo algumas mudanças no tipo de cultura, com destaque à cultura de pastagens, conforme se verifica no quadro 2.

Diferentes usos da terra	B.H. rio Aguapeí (%)	B.H. rio do Peixe (%)
Cultura perene	4,48	1,81
Reflorestamento	0,85	0,71
Vegetação natural	4,51	4,72
Cultura temporária	25,9	23,01
Pastagem	60,07	66,21
Áreas em descanso	0,78	0,66
Área complementar	1,37	1,24
Vegetação de brejo e várzea	2,04	1,65

Quadro 2- Distribuição por Hectare (%) dos diferentes usos do solo nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe no período de 1985 a 1997
Org.: Andrade, 2014

De acordo as estimativas da Fundação Seade para o ano de 2013, a população da bacia hidrográfica do rio Aguapeí, a população total é 366.155 habitantes, a população rural perfaz apenas 11% desse total. Em conformidade com o CBH-AP, dentre as principais atividades econômicas na UGRHi 20

Nas áreas urbanas destacam-se os setores de serviços e comércio como fonte indutora da economia regional. Nas áreas rurais, por sua vez, a agricultura e a pecuária são as atividades mais expressivas, destacando-se as lavouras de café, cana de açúcar e milho. As áreas de pastagem, que antes ocupavam boa parte das áreas rurais, agora dividem espaço com a cana de açúcar. Atenta-se também para a atividade de extração mineral de areia nos afluentes do Rio Aguapeí, como o Rio Tibiriçá e Ribeirão Caingangue e olarias instaladas principalmente nos municípios que margeiam o Rio Paraná (CBH-AP, 2013, pp. 10).

Estimativas de dados para a população total da bacia hidrográfica do rio do Peixe, conforme apresentado pelo relatório de situação (CBH-AP, 2013), calcula-se que dentre os 451.350 habitantes, aproximadamente 9,3% estejam na zona rural. A bacia do rio Peixe possui, portanto, maior população e maior percentual de área urbanizada em comparação à bacia do rio Aguapeí. Dentre as atividades econômicas destacam-se

[...] os setores de serviços e comércio como mantenedores da economia regional, com exceção de Marília, considerada polo regional e onde se concentra grande parte das atividades industriais, principalmente do segmento alimentício. O município também é uma importante referência de ensino universitário. Nas áreas rurais ainda há predominância da pecuária, com forte expansão da agroindústria de cana (CBH-AP, 2013, pp. 14).

Em síntese, esses dados são apresentados na figura 10, mostrando que em ambas as bacias hidrográficas do rio Aguapeí e Peixe, ocorreram processos de êxodo rural, seja ele com destino às grandes ou médias cidades, fato é que nessa área a população rural corresponde a pequenos índices.

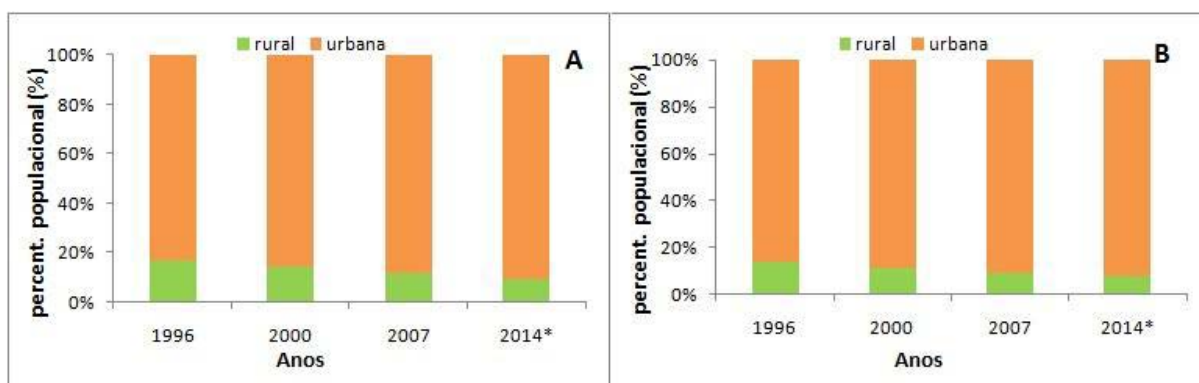


Figura 10 - Evolução da população urbana em relação à rural nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe

* dado estimado a partir da contagem atual de população por municípios (IBGE, 2014). A – B. H. rio Aguapeí e B – B.H. rio do Peixe. Org.: Andrade, 2014

4.2 Caracterização do meio físico das Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe

As bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe são apontadas especificamente pela afinidade em relação, sobretudo aos aspectos e ambientais, que lhes dão características pronunciadas.

4.2.1 Geologia das Bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe

As bacias dos rios Aguapeí e Peixe estão situadas sobre a província geomorfológica do Planalto Ocidental Paulista, estabelecidas sobre as rochas do Grupo Bauru (formação do Cretáceo Superior) que, por sua vez é constituído por formações com predominância arenítica, conforme IPT, (1981), que pode ser observado na figura 11.

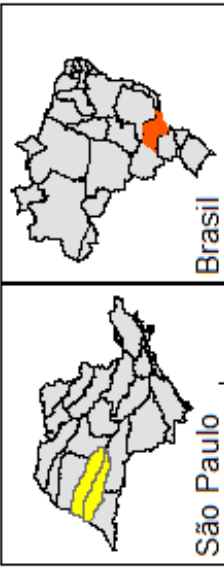
Ainda em conformidade com IPT, (1981), as formações geológicas predominantes nessa área são provenientes dos Grupos São Bento (Formação Serra Geral); Grupo Bauru (Formações Adamantina, Caiuá, Santo Anastácio e Marília); Depósitos Cenozóicos (Qi).

A Formação Serra Geral (Jksg), de acordo com IPT, (1981) restringe-se à calha do rio Aguapeí, geralmente mascarada por formações constituintes do Grupo Bauru, ou dos Depósitos Cenozóicos.

A Formação Adamantina (Ka) também tem ocorrência predominantemente no Planalto Ocidental Paulista, com maior incidência nas áreas mais altas, longe dos vales dos rios. Sobrepondo-se às Formações Serra Geral, Caiuá e Santo Anastácio. Nesse sentido é recoberta pela Formação Marília e depósitos cenozoicos (BOIN, 2000).

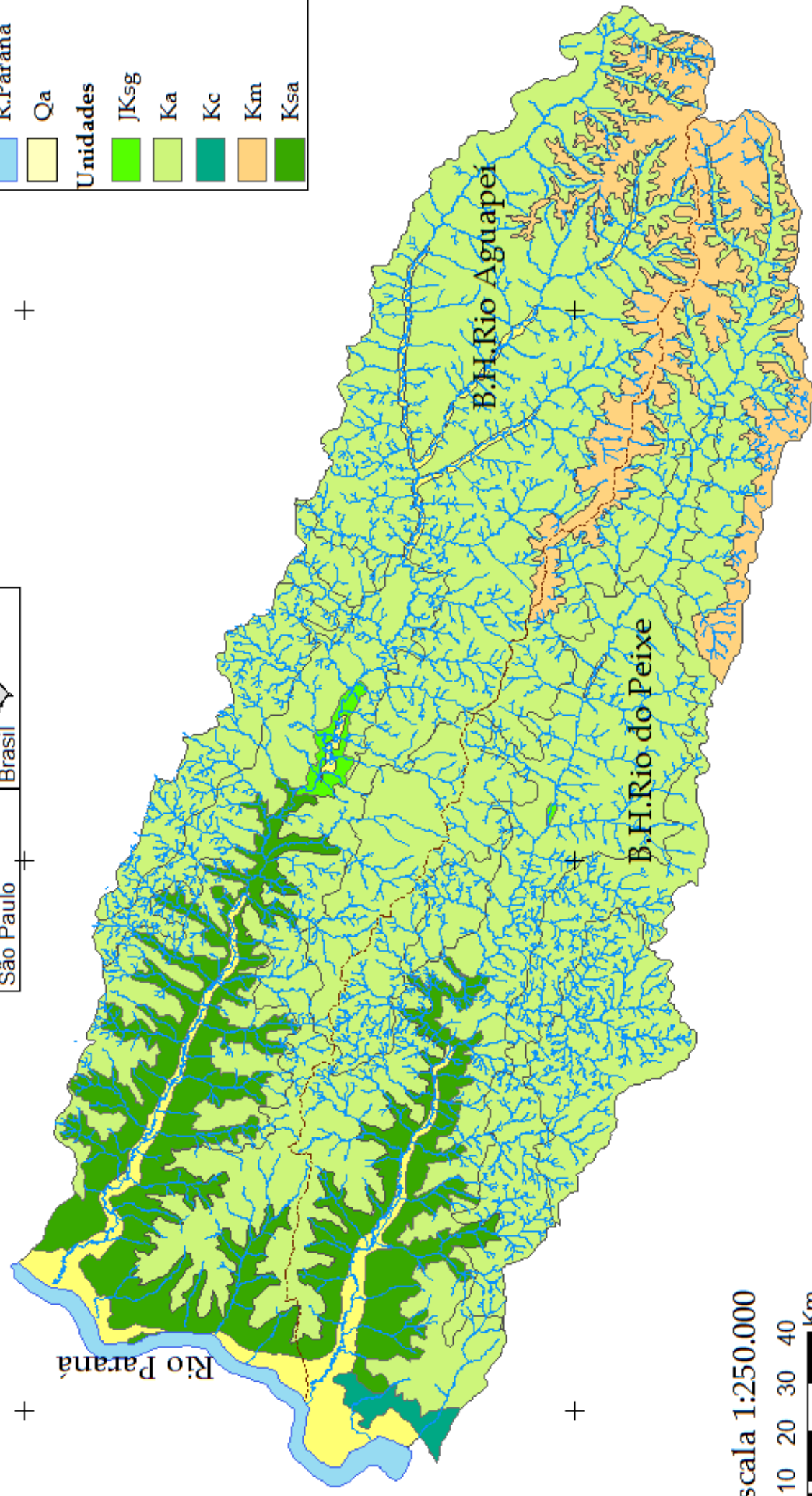
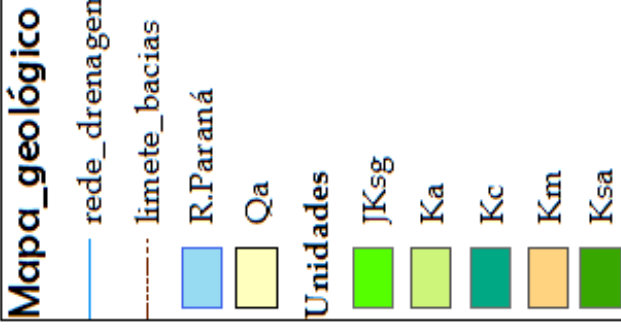
Ainda em acordo com o autor supracitado, a Formação Marília (Km) tem ocorrência restrita à porção leste-sudeste do Planalto Ocidental Paulista e é sustentada por escarpas que a caracteriza de modo expressivo, com área de até mais de cem metros de desnível, com presença de áreas aplainadas no topo denominado de Planalto de Marília.

A Formação Caiuá (Kc) é composta basicamente de arenitos. Essa formação é proveniente do Grupo Bauru que por sua vez se sobrepõe aos basaltos da Formação Serra Geral. Trata-se de uma formação restrita ao Oeste do estado de São Paulo (BOIN, 2000), pois estende-se desde o Pontal do Paranapanema até o norte a confluência do rio do Peixe com o rio Paraná. Nesse caso, é notável que a Formação Serra Geral não comparece no território da bacia hidrográfica do rio Aguapeí.

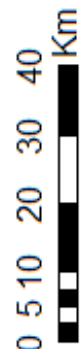


Brasil

São Paulo



Escala 1:250.000



Base Cartográfica: IBGE, 2010; CETEC, 1997
Projeção Cartográfica: UTM, WGS1984, fuso 22
Escala original: 1:250.000
Fonte: Relatório de Situação dos Rec. Hídricos das Bacias Hidrográficas dos rio Aguapei e Peixe, 1997
Organização e Elaboração: Andrade, L. F.
Orientação: Rocha, P. C.

A Formação Santo Anastácio (Ksa) também é caracterizada por apresentar arenitos finos e geralmente maciços com presença de cimento e nódulos carbonáticos (IPT, 1981 *apud* CARVALHO, 1997). Caracteriza-se sobretudo, por ocorrer nas porções dos fundos de vale e afluentes do rio Paraná, acompanhando alguns vales de afluentes da vertente norte do rio Parapanema em contato direto com o basalto da Formação Serra Geral (BOIN, 2000).

De acordo com o IPT (1981)

A denominação Santo Anastácio foi utilizada pela primeira vez por Landim e Soares (1976), para referir-se a sedimentos encontrados no vale do rio homônimo, no extremo Oeste do estado de São Paulo. Esses sedimentos, então denominados “fáceis Santo Anastácio”, foram considerados como pacote fluvial que representaria a transição entre a Formação Caiuá e a formação sobreposta, então denominada Bauru (IPT, 1981).

4.2.2 Clima regional e influências nos recursos hídricos

A produção hídrica numa bacia hidrográfica depende de vários fatores climáticos como precipitação, umidade, evaporação, temperatura, ventos e etc. (TUCCI, CLARK, 1997). A topografia também é importante pela influência na produção de chuvas (ANDRIUCCI et al., 2002). Estas por sua vez influenciam diretamente no escoamento superficial e subterrâneo, conforme a velocidade do escoamento. No que tange especificamente os estudos hidrológicos, a precipitação corresponde a água proveniente da evaporação que retorna para as superfícies em diferentes formas, contribuindo com os volumes de água nos rios e reservatórios.

De acordo com Sant’Anna Neto (1995) o padrão das chuvas no estado de São Paulo apresenta uma tendência de diminuição de Leste para Oeste e de Sul para Norte. Tais variações são influenciadas, sobretudo, pela circulação geral da atmosfera, caracterizada pela atuação das massas tropicais (continental e marítima). Com influência direta da onda de noroeste-sudeste que atinge a área do Pontal do Parapanema e as vertentes

voltadas para a calha do Rio Paraná. Nessa região, os totais pluviais variam em torno de 1.100 e 1.500 mm anuais, considerados os mais baixos do estado.

O clima regional apresenta influências de ar tais como as massas Tropical Atlântica (Ta), Tropical Continental (Tc) e Equatorial Continental (Ec), alternando entre um período com temperaturas mais elevadas e altos índices pluviométricos (de outubro a março) e outro temperaturas amenas e menores índices pluviométricos (abril a setembro) (SOUZA, 2005, p.17), conforme ilustrado na Figura 12.

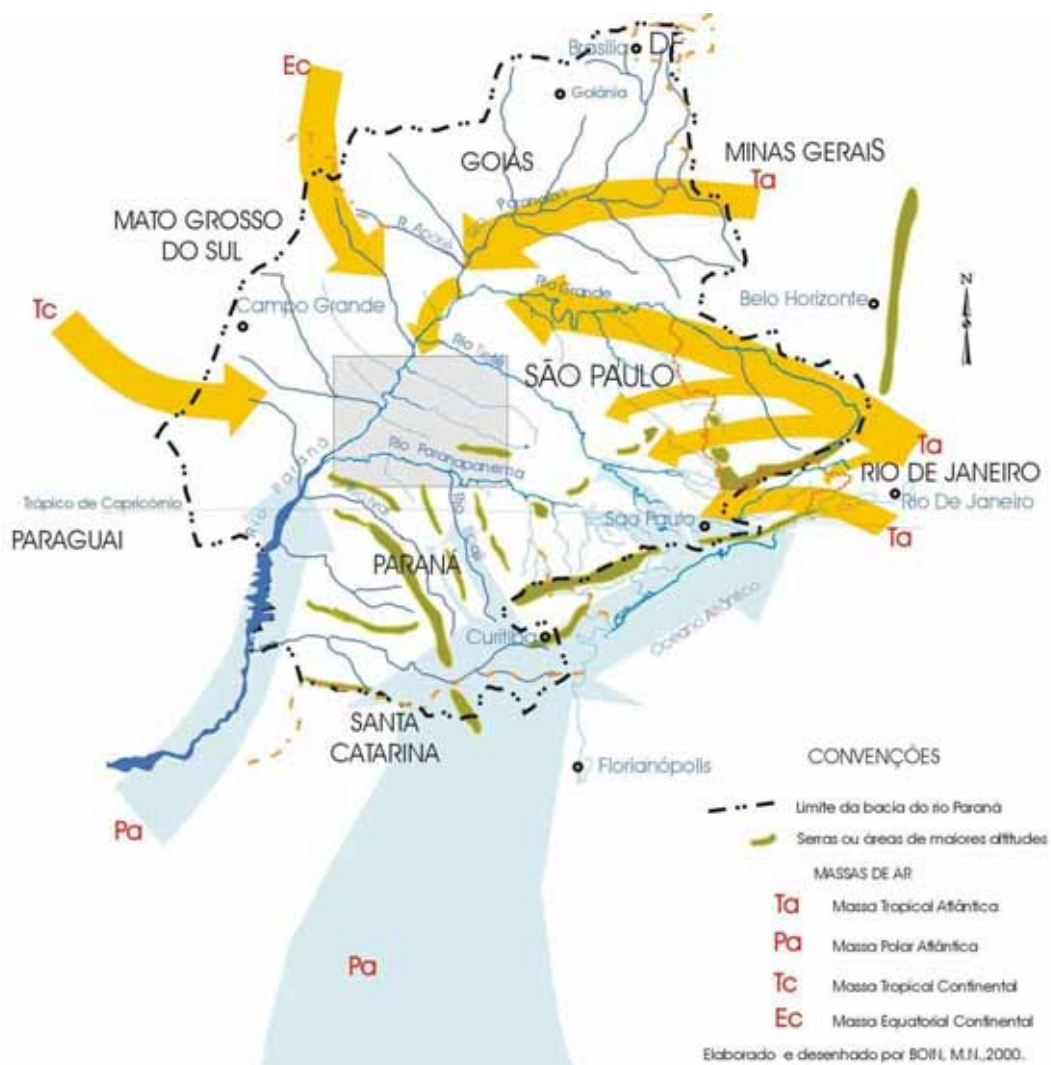


Figura 12 - Trajetória das massas de ar que influenciam o Oeste Paulista englobando a área de estudo. Fonte: Boin, (2000)

Enquanto elemento fundamental na dinâmica do regime hidrológico, a precipitação é proveniente dos principais sistemas atmosféricos (CAVALCANTI, 1982), do mesmo modo a temperatura.

Assim, verifica-se que cada episódio de chuva que ocorre em dada área da bacia hidrográfica, sobretudo, no caso de uma grande área pode ser proveniente muitas vezes de mais uma zona. Em estudo recente acerca da variabilidade hidrológica nas bacias hidrográficas do Peixe e Aguapeí, Rocha e Tommaselli (2012) apontaram para alguns fatores que, nos últimos anos vêm transformando o regime nessa área, tais como as mudanças nos ciclos de produção (café, algodão, pastagem, cana-de-açúcar) podem ter alguma influencia nos padrões de chuva, uma vez que alterações internanuais foram identificadas no referido estudo.

4.2.3 Caracterização da geomorfologia e solos predominantes na área de estudo

O sistema de relevo nessa área é um fator de significativa influência na variação da densidade de drenagem. As áreas mais ramificadas se situam nas áreas mais próximas aos divisores de água. Em rochas sedimentares a densidade de drenagem é ligeiramente maior do que em áreas de predomínio de basalto IPT, (1981b).

Ross e Moroz (1996) apresentaram o mapa geomorfológico do estado de São Paulo em escala de 1: 500.000 sob uma metodologia diferente daquela utilizada anteriormente pelo IPT (1981b), considerando os processos tectônicos e climáticos como os fatores responsáveis pela gênese das unidades morfoesculturais.

Assim, essa classificação apresentada por Ross e Moroz (1996) classifica a Unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná em quatro morfoesculturas: Planalto Ocidental Paulista, Depressão Periférica Paulista, Planalto Residual de Marília e a Planície fluvial do Paraná.

Conforme apresentado pelos referidos autores, o Planalto Ocidental Paulista, onde estão localizadas as bacias hidrográficas em estudo, ocupa cerca de 50% da área do estado de São Paulo, sendo a unidade morfoescultural predominante sobre a Bacia Sedimentar do Paraná. Predominam nessa unidade as formas denudacionais como as Colinas amplas e baixas com topos convexos (Dc) e topos tabulares (Dt).

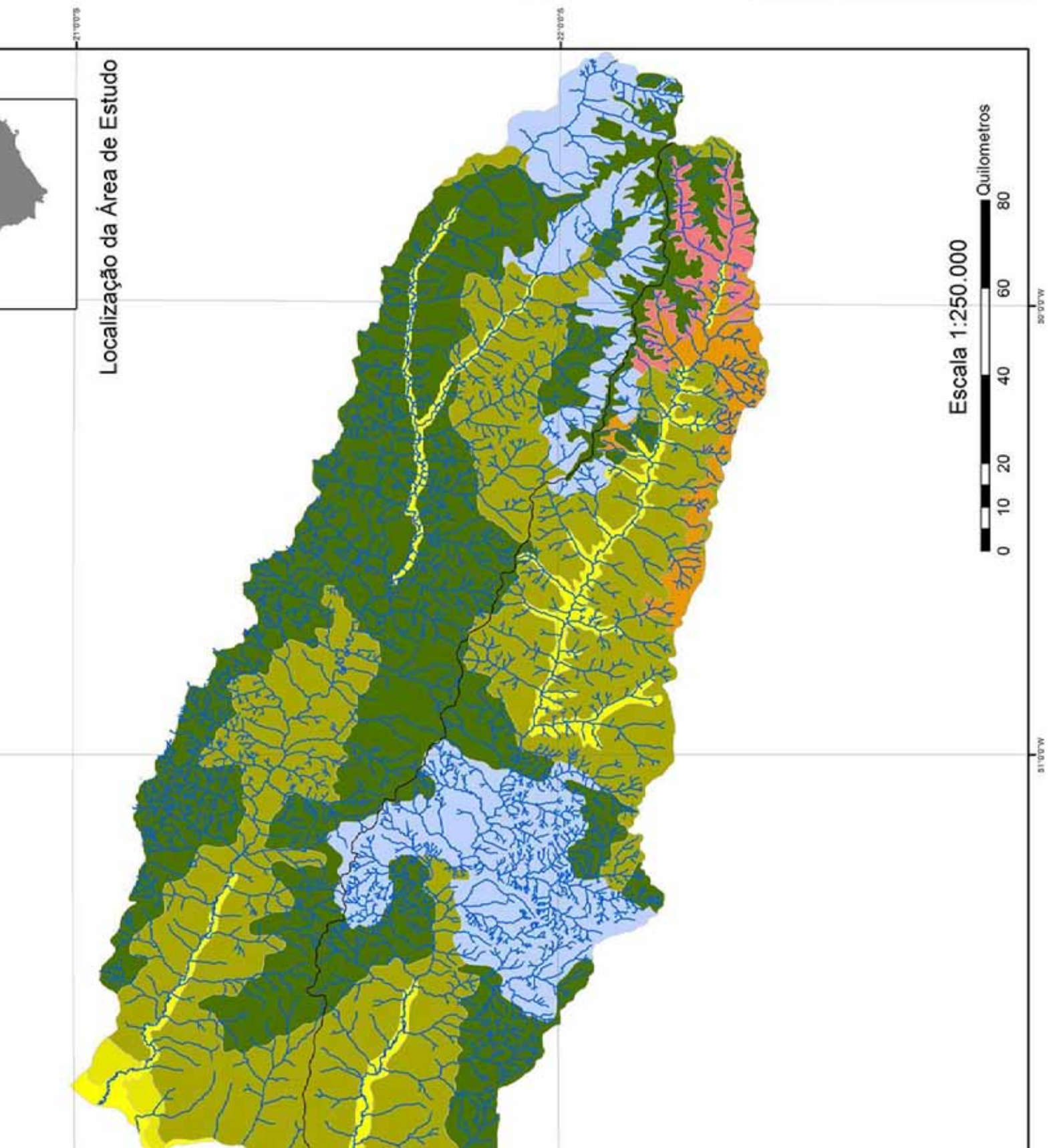
Os principais rios desta unidade são Paraná, o Grande, Rio Tietê, Aguapeí, Peixe e Paranapanema, cuja característica comum é o padrão de forma paralelo, uma vez que o substrato possui leve inclinação para a calha do rio Paraná, conforme ilustrado na figura 13.

Planícies Aluviais
Terraços Aluviais
 Relevos de Degradação, em Planaltos Dissecados
Colinas Amplas
Colinas Médias
 Relevos de Morrotes
Morrotes Alongados
 Relevos de Transição
Encostas Sulcadas
Escarpas
Escarpas Festonadas
Drenagem
Limite das Bacias

Fonte: Relações de Situação dos Rec. Hidrográficos das Bacias dos Rios Araguaia e Pôrto - 1957
Base Cartográfica: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010 ; CETEC - 1997; Google Earth 2013
Projeção Cartográfica: Universal Transversa de Mercator - WGS 1984 - Hemisfério Sul - Fuso 22
Escala Original: 1:250.000
Software: ArcGIS 10.0
Organização e Edição Gráfica: Diego Lemos Gonçalves, Jonathan Lanza, Marcel, 2013
Orientação: Paulo César Rocha

Grupos de Pesquisa:
GADIS
 Grupo de Estudos e Pesquisas em Geografia e Geomorfologia
GAIA
 Grupo de Estudos e Pesquisas em Geomorfologia e Geologia

Financiamento
CNPq
Instituição
unesp



Em relação aos estudos do solo do Estado de São Paulo, em 1960 foram publicados na escala 1:500.000, abrangendo todo o território paulista. Esse mapa constituiu a realização da fase inicial de levantamento e reconhecimento de solos de Unidades da Federação, executado pela antiga Comissão de Solos, do Ministério da Agricultura, hoje Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Mas de acordo com Jacomine (2009), houve uma necessidade de elaborar um sistema brasileiro de classificação que englobasse os novos critérios e conceitos em vigor na classificação americana de solos.

Os solos predominantes na área de estudo, de acordo com Boin (2000), são derivados de rochas areníticas do Grupo Bauru e de rochas basálticas provenientes da Formação Serra Geral. Trata-se de solos pouco ácidos, pobres em argila, com grande quantidade de areia, porém profundos e bem drenados, podendo, conforme Francisco (1989), apresentar profundidade de um a três metros, além de ser muito friável, o que atesta alta fragilidade.

Especificamente na área que engloba as bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, há ocorrência de Latossolos vermelho escuro e dos solos podzolizados e Lins e Marília e em menores proporções os solos de terra roxa e solos hidromórficos.

De acordo com Boin (2000) o latossolo vermelho escuro apresenta uma textura fina a média, com alta porosidade e permeabilidade, com proporção argilosa de aproximadamente 15%, podendo chegar a 25% com mais de 70% de areia;

Já os solos podzolizados de Lins e Marília também são arenosos, provém de arenitos com cimento calcário do Grupo Bauru, apresenta alta saturação e ocorrem predominantemente no Planalto Ocidental Paulista. A terra roxa, já em conformidade com Francisco (1989) é proveniente da Formação Serra Geral e possui maior teor de argila, com profundidade de aproximadamente dois metros.

Com relação aos solos hidromórficos, o mesmo autor afirma que tem origem nas rochas intemperizadas, “nas quais o material é transportado e depositado ao longo das margens de um rio”. Trata-se de solos mal drenados e pouco profundos, de cor escura que se desenvolvem principalmente em áreas de relevo plano.

4.2.4 Sistema de drenagem nas Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe

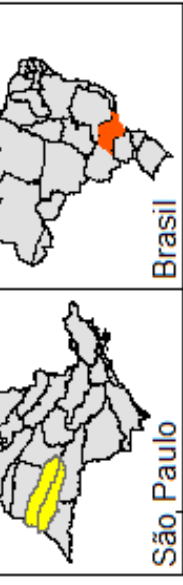
As bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe apresentam de modo geral um padrão de escoamento com características endorréicas, pois conforme a hierarquização do sistema de drenagem, as nascentes estão todas voltadas para o interior, considerando-se a posição geográfica do estado de São Paulo.

Na área de estudo há predomínio de rios consequentes, que são aqueles cuja calha é estabelecida pela declividade da vertente, coincidindo com a direção da inclinação principal das camadas (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Baseado na classificação apresentada no item referente à metodologia, o padrão de drenagem das SUB-bacias em estudo classifica-se como dendrítico, cujas características apresentam canais que com a configuração que se assemelha os galhos de uma árvore, de modo que o tronco é representado pelo curso principal da bacia. Conforme apontado por Christofolletti, (1974), esse tipo de drenagem é comum sobre estruturas sedimentares horizontais, conforme representado na Figura 14.

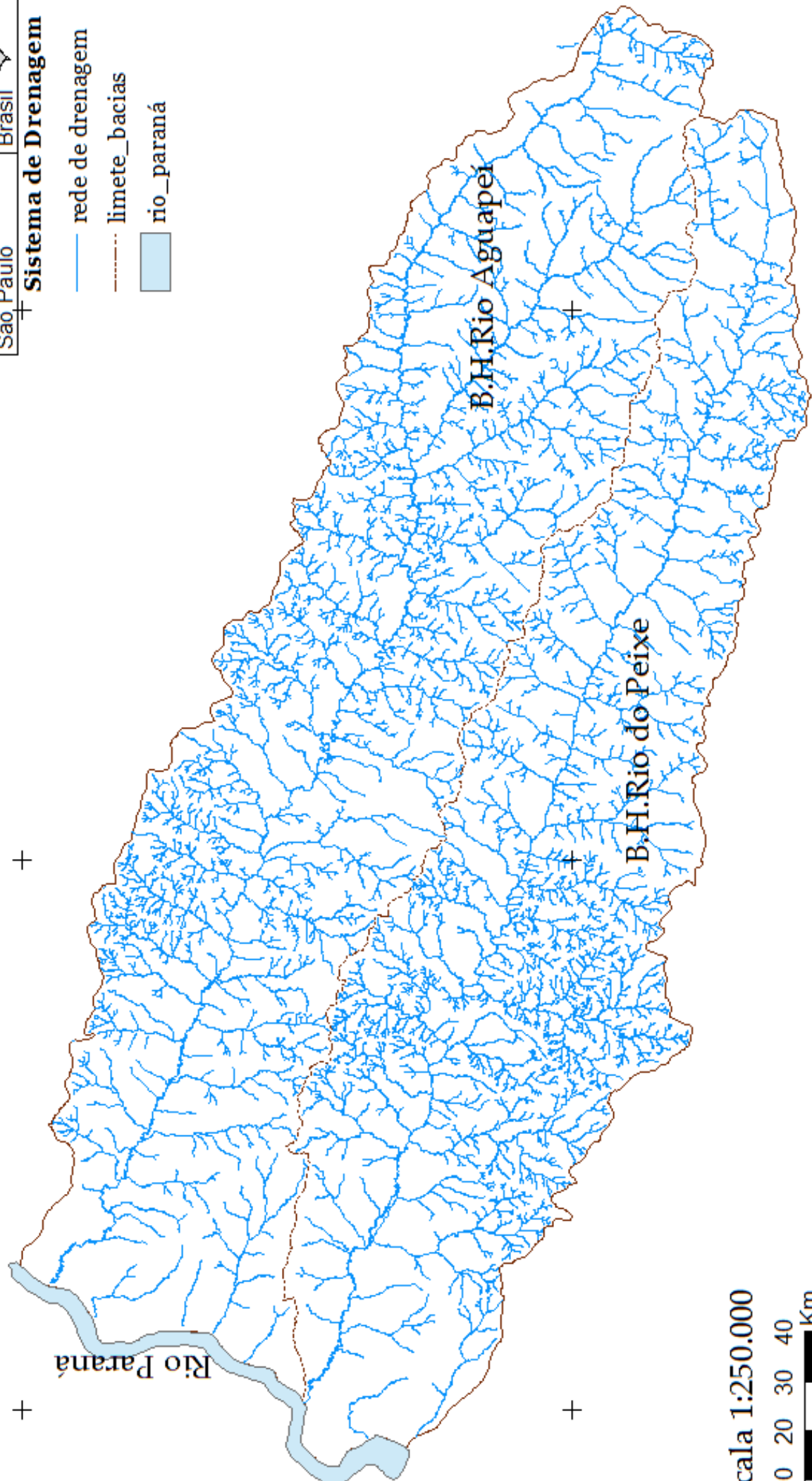
Contudo, as drenagens principais dos rios Aguapeí e Peixe apresentam encaixadas em linhas estruturais, o que é comum nos principais afluentes de leste e oeste do rio Paraná (SOUZA FILHO e STEVAUX, 1997).

A Hierarquia fluvial é o processo de classificar cada um dos cursos de água na totalidade da bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1974). Horton (1945) *apud* Christofolletti (1974), estabeleceu alguns critérios para ordenação dos cursos de água, quais sejam: os canais de 1ª ordem não possuem tributários; os de 2ª ordem recebem apenas tributários de 1ª ordem e os de 3ª ordem podem receber um ou mais tributários de 2ª ordem, seguindo-se assim uma sequência hierárquica de rios. Nesse contexto, os rios Aguapeí e Peixe podem ser considerados canais de sexta ordem por possuir no seu conjunto de afluentes, rios de ordem inferior.



Sistema de Drenagem

- rede de drenagem
- - - limete_bacias
- rio_paraná



Escala 1:250.000



Cartográfica: IBGE, 2010; CETEC, 1997
Projeção Cartográfica: UTM, WGS1984, fuso 22
Original: 1:250.000
Relatório de Situação dos Rec. Hídricos das Bacias Hidrográficas dos rio Aguapeí e Peixe, 1997
Elaboração: Andrade, L. F.
Aprovação: Rocha, P. C.



52°00'W

51°00'W

50°00'W

Outro elemento importante a ser mencionado, embora não seja objeto direto de análise da presente pesquisa, mas que se relaciona diretamente com objetos aqui analisados são os índices de dissecação do relevo, cuja intensidade está diretamente associada à atuação do escoamento superficial, formando a esculturação do relevo. Conforme definido por Ross (1994), esses índices são baseados na relação entre a densidade de drenagem e dimensão interfluvial média e os grau de entalhamento dos vales, associam-se à evolução dos talwegues, que se constituem em níveis de base da modelagem das vertentes.

A dissecação do relevo é promovida pela rede de drenagem, agregada à intensidade da concentração do escoamento como agente de esculturação. Essa atuação é normalmente mais intensa em áreas de vertente. Em outras palavras, em áreas de cabeceira, onde os processos de esculturação do relevo são também mais intensos. Tais processos podem estar aliados aos regimes de uso e ocupação, ou mesmo à atividade climática, que podem auxiliar na dinâmica fluvial. É importante salientar que tais processos podem mesmo que indiretamente, contribuir com as análises de alguns resultados, conforme descrito na seção pertinente.

CAPÍTULO V

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados os resultados atingidos a partir dos procedimentos anteriormente detalhados.

5.1 Distribuição da precipitação nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe

O ciclo anual das chuvas e vazões está usualmente associado às mudanças climáticas ou a fenômenos como El Niño ou La Niña quando não, à anomalias inerentes às temperaturas da superfície do mar (MARENGO, 2008). Tamanha variabilidade pode acarretar tanto em seca como enchentes.

Neste contexto a caracterização do padrão de distribuição da precipitação na área de estudo é de expressiva importância e contribui para melhor compreensão dos processos que induzem a transformações ao longo do tempo e do espaço na bacia hidrográfica. É válido ressaltar que todo o tratamento concernente aos dados de precipitação foi executado durante o período de realização do Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE) e que, pelo fato das análises por coeficiente de determinação entre chuva e vazão não terem sido satisfatórios, pois os coeficientes de determinação foram relativamente baixos, conforme destacado no item 5.4, os resultados apresentados nesta seção estiveram focados nas análises da distribuição da precipitação.

5.1.1 Tendências da precipitação

A análise de tendências da série de precipitação do rio Aguapeí mostra que há aumento da precipitação nas cabeceiras da bacia, como mostrado na figura 15a. A precipitação na estação que representa a área central da bacia mostra pouca mudança ao longo do tempo, assim como a estação na seção de jusante da bacia (Figura 15b). A análise de tendências da série de precipitação na bacia do Peixe também evidencia aumento da precipitação nas cabeceiras da bacia, como mostrado na Figura 16a. Com

relação à precipitação na estação que representa a área de médio curso da bacia, nota-se que há pouca variação ao longo do tempo e da estação à jusante da bacia (Figura 16b) mostra uma tendência decrescente ao longo do tempo.

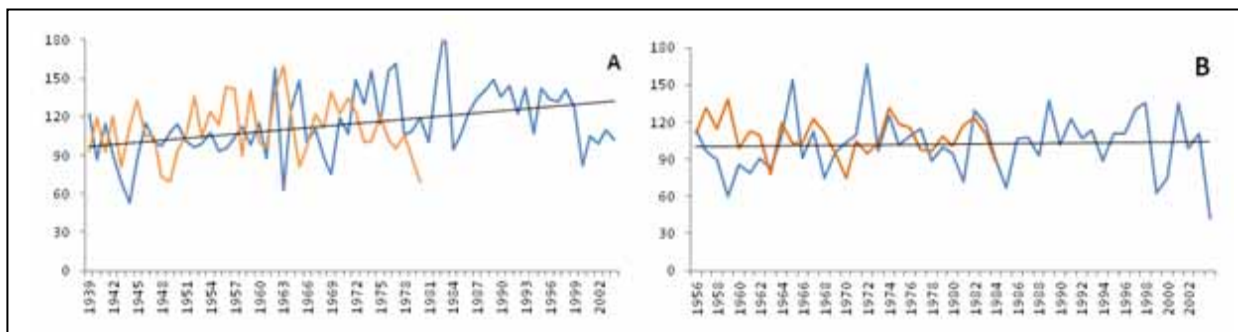


Figura 15 - Variabilidade interanual da precipitação A) Estações (2249006 e 2149043) localizadas no alto curso da bacia do rio Aguapeí; B) Estações (2150028) localizadas em médio curso e (2151004) à jusante

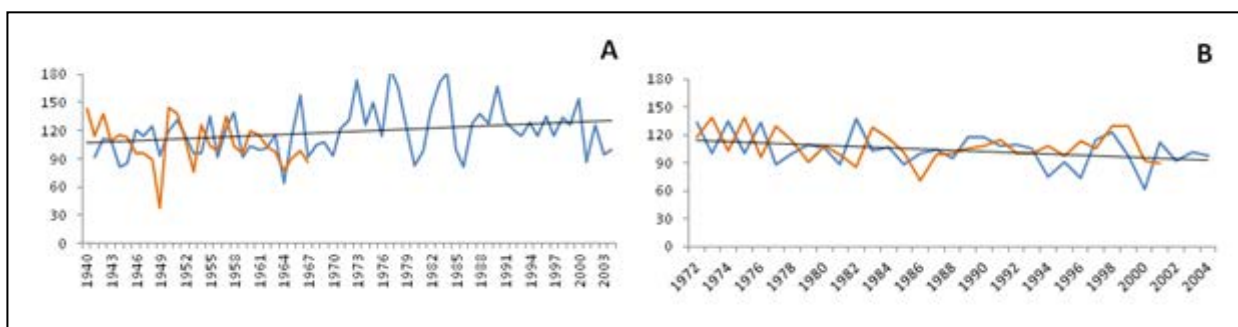


Figura 16 - Variabilidade interanual da precipitação A) Estações (224908 e 2250010) localizadas no alto curso da bacia do rio Aguapeí; B) Estações (2151016) localizadas em médio curso e (2151052) à jusante

A figura 17 apresenta como se dá a distribuição mensal ao longo dos vinte e cinco anos de análise. Nota-se que foram utilizadas três estações pluviométricas, sendo uma de alto, de médio e outra de baixo curso de uma bacia hidrográfica, apenas para ilustrar o padrão de distribuição espacial, considerando-se que a precipitação em ambas as bacias hidrográficas apresentam ao longo desse período analisado um decréscimo de montante para jusante, com exceção para os anos 1987 e 1990.

Tais diferenças podem ser observadas especificamente nas estações chuvosas, no período compreendido entre os meses de dezembro e março de cada ano hidrológico. Na

estação chuvosa, em especial no meio curso de cada bacia, nota-se que os totais pluviométricos são mais baixos, bem como nos períodos de estiagem, conforme mostrado pelo posto de jusante. Os períodos mais secos são aqueles entre os meses de maio a agosto.

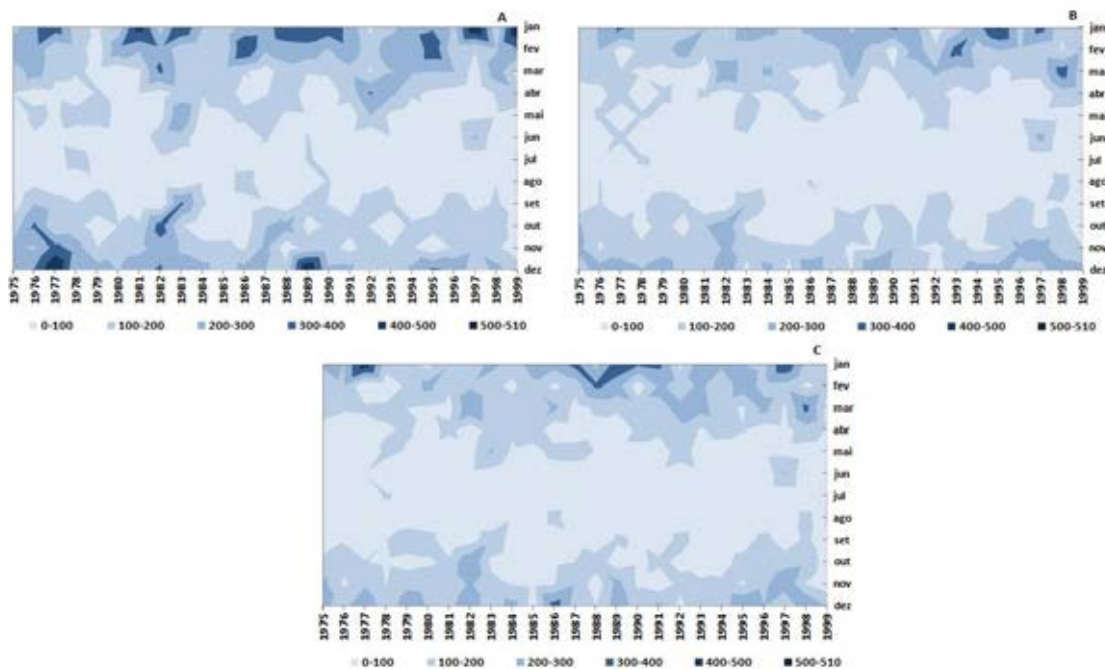


Figura 17 - Distribuição temporal da precipitação na área de estudo (A): alto curso; (B): médio curso e (C): baixo curso. Estações pluviométricas (A-2249008; B-2151016 e C-2150028)

As estações pluviométricas localizadas nas áreas de cabeceira apresentam totais de precipitação acima de 500 mm, enquanto as estações pluviométricas em médio curso e a jusante, raramente atingem 400 mm. Acredita-se que estas diferenças podem ser devido a influências da circulação local do ar, considerando que se trata de uma grande área de drenagem e influências topográficos.

Análise sazonal realizada mostra os períodos de excepcionais seja de seca ou excesso de chuvas em ambas as bacias. Em síntese, os anos com as estações mais secas foram 1975 (JJA), com 46%; 1981 (MAM), com 45%; 1985 (DJF), com 66% e de 1999 (SON), com 31,4% da precipitação média sazonal. Seguindo ainda o mesmo procedimento, pode-se notar anos com maiores volumes de precipitação sazonais. Os anos com os volumes de precipitação mais elevada são de 1975 (SON), com 177%; 1982

(DJF), com 139%; 1997 (JJA) com 219 %; e 1998 (MAM), com 149% de precipitação sazonal.

Através da análise visual da tendência em todas as estações pluviométricas, é possível deduzir que, durante o período total que há uma tendência de aumento no volume de chuvas fortes entre estações pluviométricas localizadas na área de médio curso, enquanto a maioria das estações pluviométricas localizadas em montante e áreas a jusante mantem a média anual durante o período analisado.

5.1.2 Análise de componentes principais para a precipitação

Pelo fato de nem todas as estações pluviométricas apresentarem série de dados dentro dos mesmos anos, ou seja, algumas iniciando antes e outros depois, assim como o fim dos registros de dados, optou-se em excluir os anos em que apenas algumas estações apresentavam dados. Para trabalhar com equidade de dados, buscou-se estabelecer como períodos de dados aquele intervalo em que todas as estações pluviométricas possuem dados, ou seja, os anos de 1975 a 1999.

Em gênese, essa primeira Análise de Componentes Principais identificou quatro regiões distintas, o que representa 71% da variância acumulada. Quando se tem muitas subdivisões, perde-se um pouco da confiabilidade do teste, pois quanto maior o número de agrupamentos, menos confiável torna-se a análise. As análises estatísticas mais significativas foram obtidos dividindo o período de 1975-1999 em dois; 1975-1987 e 1987-1999, de modo que as variações no tempo de precipitação pode ser analisada. Este identificou mudanças sutilmente distintas em relação aos dois períodos analisados.

5.1.3 Análise de componentes principais (ACP's) aplicada ao período de 1975 a 1987

A análise de componente principal (ACP) aplicada ao período de 1975 a 1987, na figura 18, utilizando o método de Ward, foi possível discriminar a distribuição dos três grupos. Componentes principais (CP1), que explica 81,3 % da variância e tem 5,0% de dados faltantes, que reúne o maior número de estações pluviométrica, concentrada principalmente ao longo da bacia do rio do Peixe. Estas estações mostram tendências a

menores volumes de precipitação, quando comparado às estações pluviométricas localizadas a montante na mesma bacia hidrográfica. O ACP mostra que a área a montante da bacia do Peixe apresenta o mesmo padrão de distribuição de chuvas que notado à montante da bacia do rio Aguapeí, figura 19.

Componente Principal dois (CP2) representa 2,2 % da variância. Este agrupamento apresenta seis estações pluviométricas que estão localizadas no baixo curso da bacia do rio Aguapeí. Componente principal três (CP3) representa 1,9%. Estes eram os agrupamentos mais significativos do ACP; isso significa que o padrão de precipitação no período não foi particularmente estático em relação à área.

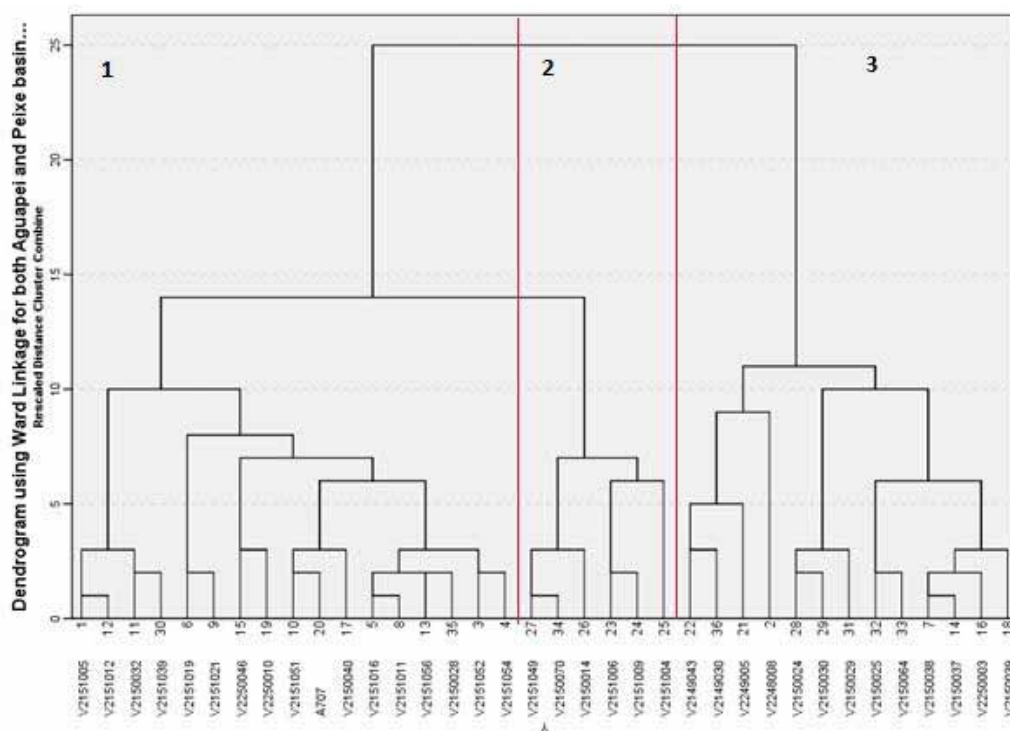


Figura 18 - Dendrograma da análise de componentes principais período de 1975- 1987

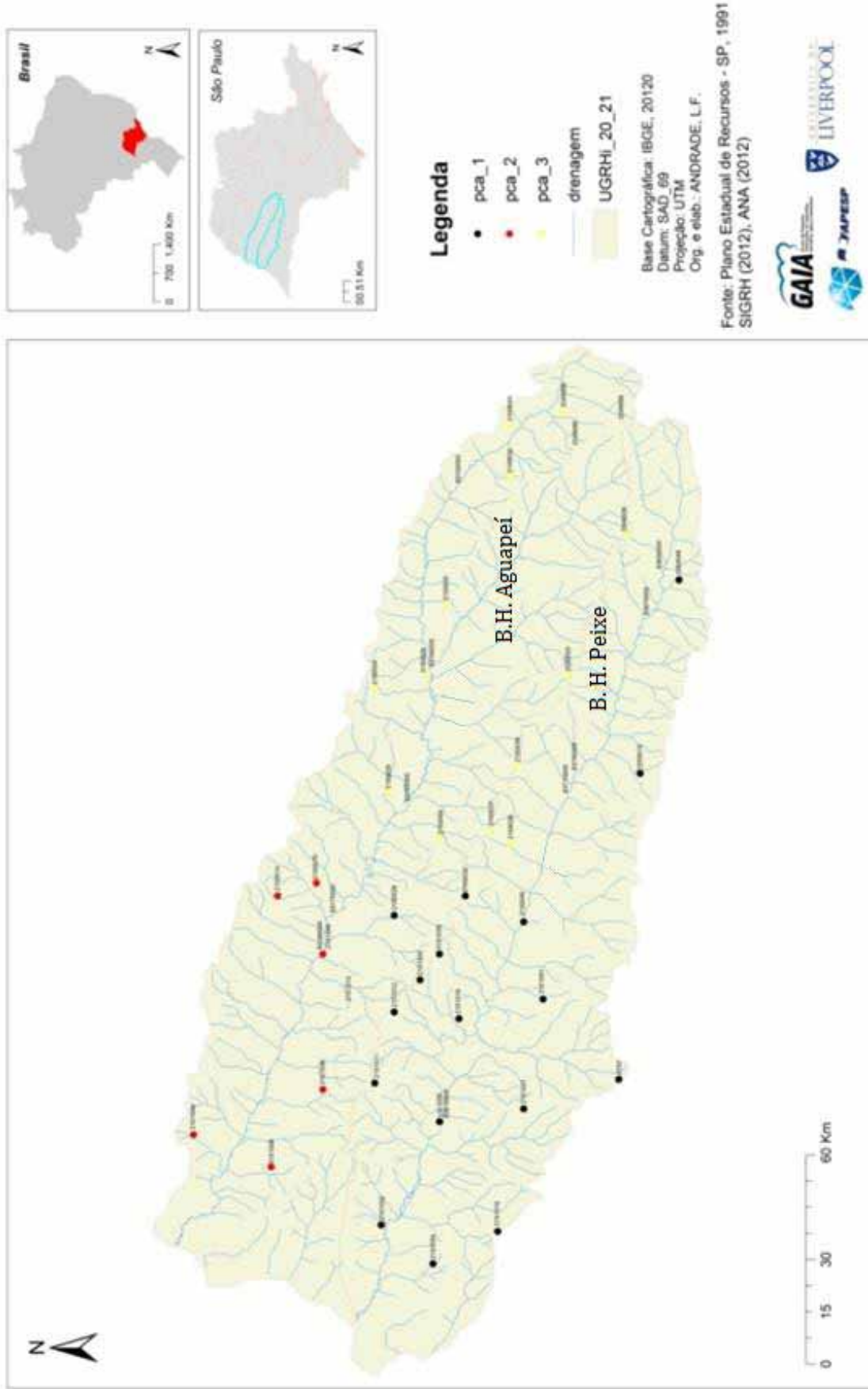


Figura 19 - Distribuição especial da precipitação no período de 1975 a 1987

Com base na análise da variabilidade temporal da precipitação nas bacias dos rios Aguapeí e Peixe, é possível identificar que, entre as trinta e seis estações pluviométricas analisadas, 38% têm aumentado os totais pluviométricos ao longo dos vinte e cinco anos analisados, 17 % mantiveram níveis semelhantes de precipitação média e 45 % destas apresentou uma redução no total de precipitação ao longo desses anos.

O ano de 1975 foi, sem dúvida, aquele que apresentou sazonalidades mais severas. A temporada de inverno foi caracterizada como o inverno mais seco ao longo de toda a série, além disso, 1975 apresentou os maiores volumes de precipitação ao longo dos meses de transição, ou seja, entre setembro e novembro. A maioria dos anos apresentou um ciclo sazonal relativamente estável de precipitação. Tais mudanças indicam uma alteração nos padrões de chuva na área de estudo ou de mudanças nas práticas de uso da terra, conforme identificado por outros pesquisadores, como Clark *et al.*, (2003), que em estudo do regime hidrológico do rio Paraguai, identificou mudanças na produção hídrica, causada sobretudo por alterações na cobertura vegetal para cultivo.

5.1.4 Análise de componente principais (ACP's) aplicado período de 1987 a 1999

A análise do período de 1987 a 1999 mostra basicamente as diferenças no padrão de distribuição da precipitação em comparação com o primeiro período (1975-1987). Diferentemente da análise anterior, esta ACP produziu dois grupos, conforme exibido pela figura 20. Basicamente, componentes principais 1 (CP1) explica 79,7% da variância. O componente principal (CP2) representa de 2,9%. Outros componentes principais foram divididos entre trinta e quatro CPs (<0,1%). Este princípio mostra como a análise de componentes exprime um padrão semelhante entre montante e jusante de ambas as bacias hidrográficas Aguapeí e Peixe.

A análise de Componentes Principais mostra que há mais variação no padrão de distribuição de precipitação na bacia Aguapeí, conforme apresentado na Figura 21, a bacia está dividida em três subáreas.

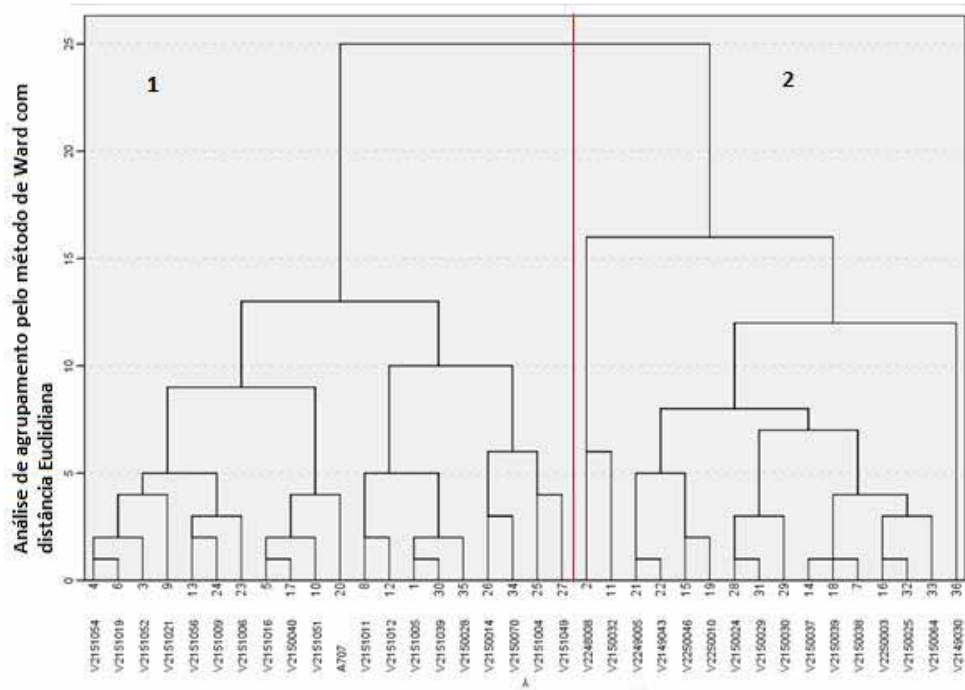


Figura 20 - Dendrograma da análise de componentes principais período de 1987- 1999

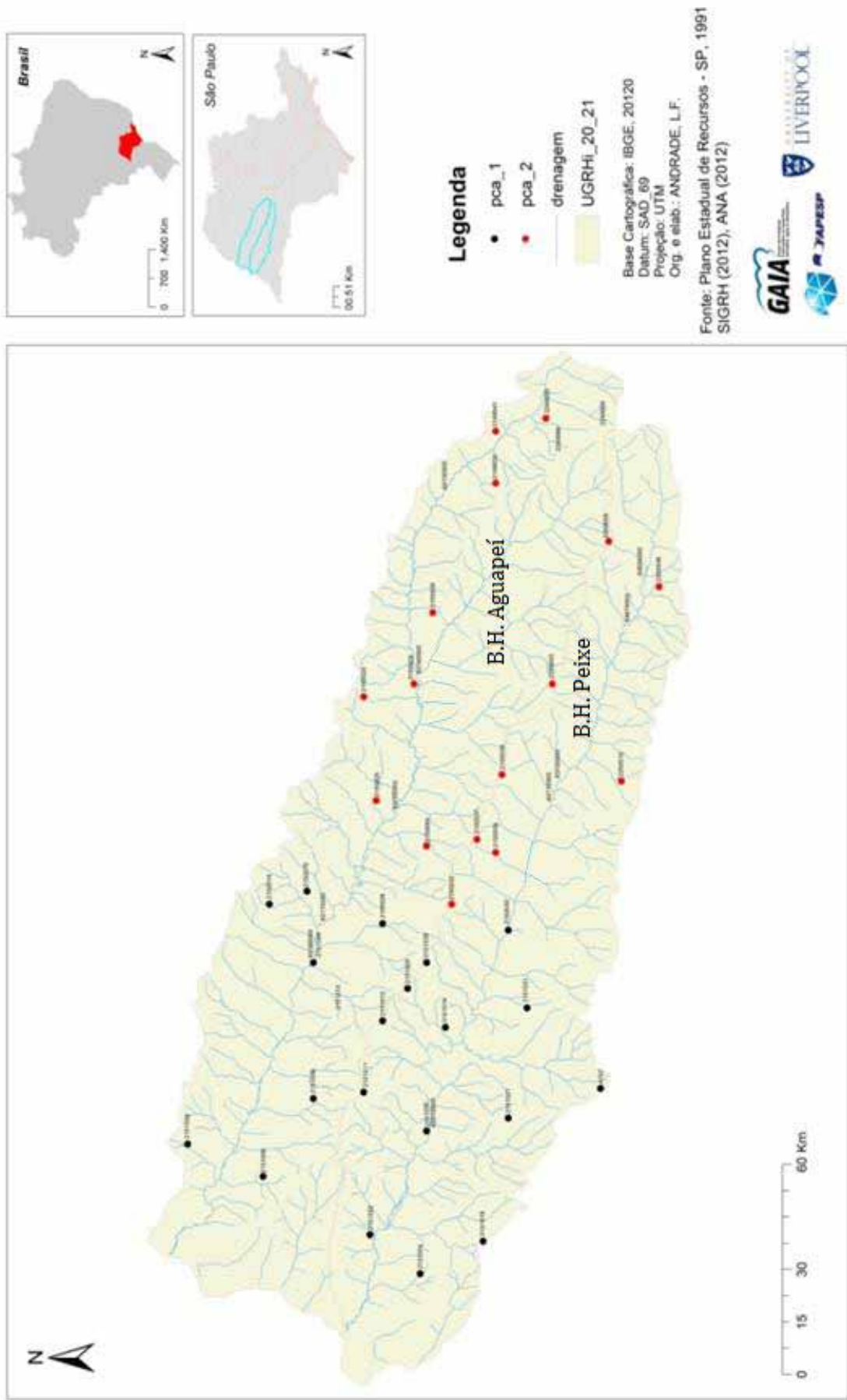


Figura 21 - Distribuição especial da precipitação no período de 1987 a 1999.

Ainda assim, vale ressaltar que três estações pluviométricas foram excluídas do processo de regionalização, pois seus dados apresentaram-se muito diferentes da média geral de dados que compõem a distribuição da precipitação na área de estudo. Assim, o processo foi desenvolvido com trinta e seis estações pluviométricas.

5.2 Estatística Básica aplicada aos dados hidrológicos

As bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, juntas somam um total de doze postos fluviométricos com série de dados hidrológicos disponível. Acredita-se que tal problemática represente uma adversidade tanto para o desenvolvimento de pesquisas como também para os próprios órgãos gestores no momento da tomada de determinadas decisões.

A Agência Nacional de Águas (ANA), enquanto órgão gestor dos recursos hídricos gerenciou apenas um posto na bacia hidrográfica do Aguapeí (63170100), localizado no município de Salto Carlos Botelho, a médio-baixo curso, e dois na bacia do Peixe (63700000, 63710000), ambos no município de Tupã. Os outros nove, enquanto estiveram em operação, foram gerenciados pelo órgão estadual, o Departamento de Águas e Energia (DAEE).

5.2.1 Regime e períodos hidrológicos do rio Aguapeí

O quadro 3 apresenta algumas características dos postos fluviométricos com série hidrológica disponível na bacia hidrográfica do Aguapeí.

Código	Nome do posto	Coordenadas geográficas	Município	Rio	Área de drenagem (km²)
63100000	Nova Fatima	21°46'49" 49°48'33"	Guaimbe	Aguapeí	1092
63160000	Fazenda Bom Retiro	21°42'52" 50°17'27"	Luziânia	Aguapeí	3670
63165000	Rinópolis/Piacatu	21°39'07" 50°38'14"	Rinópolis	Aguapeí	6217
63170100	Salto Carlos Botelho	21°27'30" 50°55'20"	Rubiácea	Aguapeí	7668
63180000	Valparaiso/Adamantina	21°25'53" 51°00'54"	Valparaiso	Aguapeí	8643
63140000	Macuco/Queiroz	21°48'20" 50°09'02"	Queiroz	Aguapeí	1428

Quadro 3 - Características dos postos fluviométricos com dados de vazão no Rio Aguapeí (UGRHi 20)

O nível de detalhamento, tal como a escala em que são apresentados os dados que caracterizam os postos fluviométricos não foram designados pelo autor. Trata-se de dados disponibilizados pelos órgãos de gestão dos Recursos Hídricos na área de estudo. Assim, as áreas de influência de cada posto fluviométrico são estimadas por aproximação calculadas na escala de 1: 250.000 (CBH-AP, 2014).

Dentre os seis postos inventariados na bacia hidrográfica do Rio Aguapeí, o posto 63160000, no município de Luziânia é aquele que possui maior série histórica de vazão, com início em 1948 até 2004. Os demais postos apresentavam séries mais curtas. Alguns foram desativados desde a década de 1970.

A identificação dos períodos hidrológicos foi efetuada observando-se o comportamento das vazões ao longo do tempo de registro e avaliando-se a variação de magnitude, frequência e periodicidade conforme apresentado na figura 22 onde é apresenta a vazão interanual.

Nota-se que a magnitude do fluxo apresenta significativa similaridade entre um posto fluviométrico e outro, ocorrendo tanto para os dados registrados durante a série monitorada quanto para os dados estimados estatisticamente. Com base na observação da variabilidade do regime anual do rio Aguapeí, ao longo da série histórica, é evidente a ocorrência de uma expressiva alteração no regime de fluxo no início dos anos de 1970. Nesse sentido, foi possível identificar também intensa variabilidade das magnitudes

entre os anos de 1971 e 1984. A partir de então, nota-se que as amplitudes diminuem progressivamente até o tempo que marcou os últimos anos de monitoramento dos postos fluviométricos.

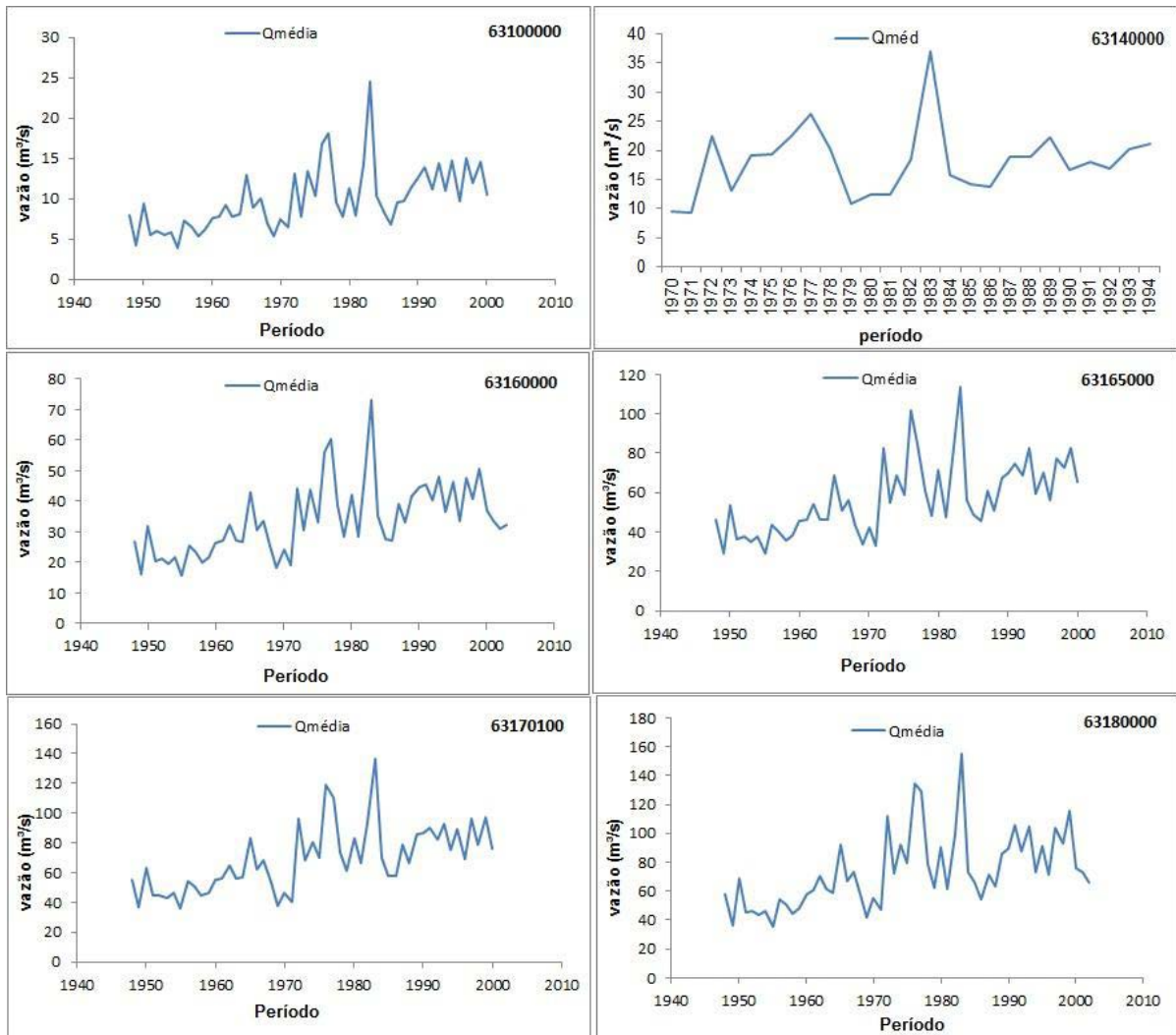


Figura 22 - Magnitudes anuais de vazão na bacia hidrográfica do rio Aguapeí

Buscando estabelecer alguns componentes para compreender o regime fluvial, Poff *et al.* (1997) e Richter *et al.* (1997) apresentaram uma interpretação acerca da variabilidade hidrológica para manter a integridade dos sistemas ecológicos nos rios a partir de um regime natural. De acordo com Poff *et al.* (1997) o regime natural de um rio pode ser interpretado partir de cinco componentes fundamentais, tais como:

- *Magnitude de fluxo*: Compreende o conteúdo de água em movimento que passa por um local fixo, por unidade de tempo Poff *et al.* (1997). A magnitude pode ser

referida tanto à descarga absoluta ou relativa. Máximas e mínimas magnitudes de fluxo variam conforme o clima e o tamanho das suas bacias, conforme exposto por Rocha (2002);

- *Frequência*: representa um fluxo de certa magnitude que recorre ao longo de um intervalo específico de tempo, conforme estabelecido por Poff *et al.* (1997). Rocha (2002) afirma que a frequência de ocorrência é inversamente relacionada à magnitude do fluxo.
- A *periodicidade* (ou previsibilidade) define-se como a regularidade em que determinada magnitude ocorre. Para Poff *et al.* (1997) essa regularidade pode ser definida com referência a diferentes escalas de tempo, se houver uma permanência do fluxo a previsibilidade aumenta.

Pelo fato de compreenderem a mesma área geográfica, as bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe no Oeste do estado de São Paulo apresentam expressiva semelhança, especificamente no regime hidrológico, ou seja, a existência de três períodos hidrológicos, conforme apresentado também por Araujo (2011) em estudo acerca do regime hidrológico dos rios Turvo e Pardo.

No que tange a análise das magnitudes máximas e mínimas de fluxo no rio Aguapeí, verifica-se a partir da razão entre estas uma variação pouco expressiva entre os postos estudados, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - Razão entre magnitude máxima e mínima da vazão média anual na bacia hidrográfica do rio Aguapeí, com destaque para ocorrência de máximas

Postos Fluviométricos	Área de influência (Km²)	Data de ocorrência	Máxima magnitude (m³/s)	Mínima magnitude (m³/s)	Razão
63140000	1428	1983	97,26	16,63	5,85
63100000	1092	1983	47,87	12,43	3,85
63160000	3670	1999	154,59	21,62	7,15
63165000	6217	1999	225,40	33,19	6,8
63170100	7668	1999	272,58	49,36	5,5
63180000	8643	1999	407,68	43,00	9,5

Em geral, além dos dados apresentados na tabela 1, outro ano que se destacou pela grande ocorrência de altas magnitudes de vazão em todos os postos fluviométricos naquela bacia hidrográfica foi 1977, com os segundos maiores picos de magnitude ao

longo da série histórica de dados. Ou seja, na mesma ordem que foram apresentados os postos fluviométricos na tabela 2 os valores de vazão para o referido ano foram 45,08 m³s⁻¹, 143,72 m³s⁻¹, 219,25 m³s⁻¹, 268,78 m³s⁻¹ e 351,71 m³s⁻¹ respectivamente.

Com relação às mínimas vazões registradas na série histórica da bacia hidrográfica do rio Aguapeí, o mesmo fenômeno de ocorrências de máximas foi identificado. Também houve dois anos na série que apresentaram mínimas magnitudes de fluxo para a maioria dos postos, sendo os anos de 1949 e 1970, dessa forma os valores são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Razão entre magnitude máxima e mínima da vazão média anual na bacia hidrográfica do rio Aguapeí, com destaque para ocorrência de mínimas

Postos Fluviométricos	Área de influência (Km²)	Data de ocorrência	Máxima magnitude (m³/s)	Mínima magnitude (m³/s)	Razão
63100000	1428	1949	14,03	1,45	9,7
63160000	1092	1949	46,20	9,97	4,7
63165000	3670	1949	76,72	13,23	5,9
63170100	6217	1949	92,95	18,46	5,0
63180000	7668	1949	103,60	13,98	7,4
63140000	8643	1970	27,71	1,49	18,6

Org.: Andrade, 2014

Os dados de vazão mensal apresentados pela tabela 3 possibilitam verificar o comportamento das magnitudes de mínimas intensidades no ano de 1949 tem destaque devido às vazões terem sido as mais baixas registradas em toda a série. No ano de 1970, apenas um posto apresentou medição de magnitude mínima observada. A maior razão dentre máximas e mínimas foi observada no posto localizado no alto curso da bacia do rio Aguapeí e deve-se provavelmente ao fator localização.

Nota-se também nos gráficos de vazão média anual, na figura 23, que os períodos de maiores picos de magnitude se concentraram no período da década de 1970 a meados da década seguinte, nesta também foram observados altas magnitudes no rio Paraná, conforme apresentado por Rocha (2001).

Ao analisar a periodicidade de ocorrência dos eventos extremos na bacia hidrográfica do rio Aguapeí, nota-se que não houve tantos períodos com tais registros.

Conforme mencionado no parágrafo anterior, os primeiros anos e últimos da série foram os que apresentaram menores variações de fluxo.

Com relação à taxa de frequência dessas ocorrências de extremos na série mensal de dados, foi possível observar que no período de 1948 (início do período de monitoramento de dados hidrológicos) até o ano de 1971, dentre os 22 anos desse período um percentual correspondente a 40% dos anos apresentou vazão inferior ao valor médio para esse período, isso em quatro dos postos fluviométricos da bacia do rio Aguapeí. Apenas o posto 63180000, no município de Valparaíso apresentou 50% dos anos com picos foram da média mensal.

No período que se estende de 1972 a 1984 houve maior variação na taxa de frequência de eventos extremos de vazão, tanto no que tange máximos como mínimos na bacia hidrográfica do rio Aguapeí, de maneira que torna-se notável uma alteração abrupta das vazões em relação aos anos anteriores, condizendo com a variação da pluviosidade nas estações localizadas em alto curso de ambas as bacias hidrográficas.

Nos últimos anos da série de dados, especificamente após 1985 essa frequência apresenta uma redução latente no sentido que não houve grandes diferenças entre ocorrências de vazão mínima e máxima em relação à média geral durante esse período da série. Nesse sentido, é válido ressaltar que para o caso da vazão, essa variabilidade em outras palavras pode ser entendida como períodos hidrológicos.

A figura 23 apresenta a série histórica de dados de vazão com destaque para a vazão média de cada período hidrológico, facilitando a compreensão da variabilidade hidrológica na bacia hidrográfica do rio Aguapeí. Nessa análise optou-se em utilizar apenas um desvio padrão, sendo um além da média e outro inferior à média. Assim, tem-se que 50% de dispersão dos valores em torno da média seria aceitável para obtenção dos resultados esperados.

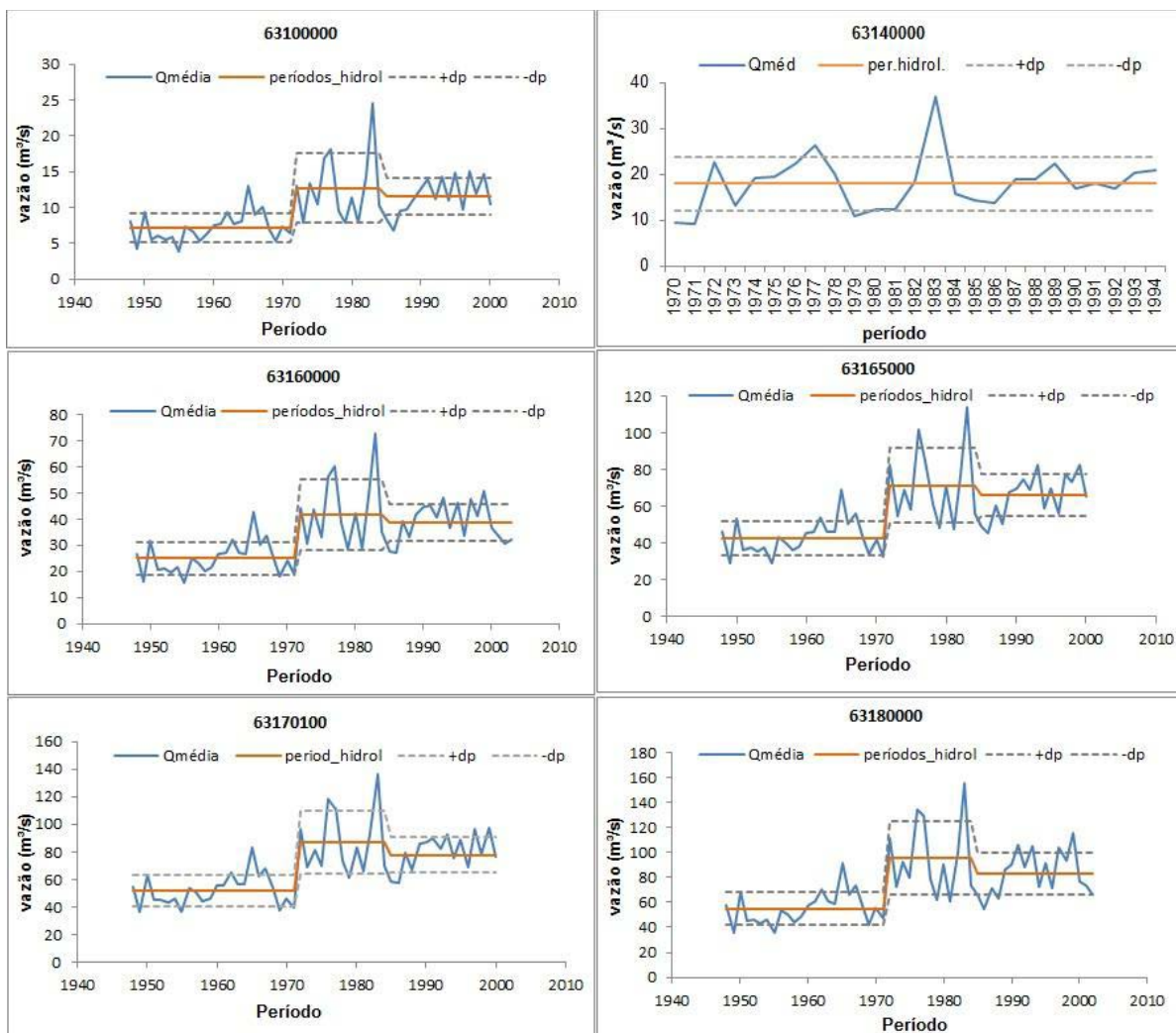


Figura 23 - Vazão média nos postos fluviométricos da bacia hidrográfica do rio Aguapeí com destaque na coloração laranja para os períodos hidrológicos identificados

A figura 23 mostra de maneira sintética o comportamento da variabilidade do regime hidrológico. Desse modo, nota-se que foram identificados três períodos hidrológicos ao longo da série. Algumas estatísticas foram aplicadas no sentido de verificar a dispersão de dados em cada período identificado, conforme tabela 3:

Tabela 3 - Estatísticas aplicadas no regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio Aguapeí

Posto fluviométrico	63100000	63160000	63165000	63170100	63180000	63140000
Qmédia (m ³ s ⁻¹) 1948-1971	7,17	25,11	42,92	51,68	54,97	---
Qmédia (m ³ s ⁻¹) 1972-1984	12,71	41,62	71,37	86,96	95,38	---
Qmédia (m ³ s ⁻¹) 1985-2000	11,56	38,78	65,90	77,60	82,92	18,00
σ 1948-1971	2,01	6,26	9,35	11,24	23,66	---
σ 1972-1984	4,84	13,42	20,25	23,02	30,85	---
σ 1985-2000	2,6	7,16	11,42	12,84	20,73	5,91
CV (%) 1948- 1971	27,98	24,94	21,78	41,17	23,66	---
CV (%) 1972- 1984	38,09	32,25	28,37	24,47	30,85	---
CV (%) 1985- 2000	22,44	18,46	17,33	27,42	20,73	32,88

A aplicação da estatística básica à série de dados de vazão na área de estudo possibilitou identificar, em termos de dispersão de dados que quanto maior é a magnitude de fluxo, maior também é o desvio padrão com referência à vazão média da série. A tabela acima apresenta a vazão média para cada período hidrológico, conforme apresentado graficamente na figura 23.

Na análise da variabilidade sazonal da vazão no rio Aguapeí também é possível notar que no período que abrange os anos de 1948 a 1971 houve menores magnitudes na vazão, ao longo de todo o ano hidrológico. A figura 24 apresenta a variabilidade sazonal da vazão nessa área de estudo para os anos da série histórica.

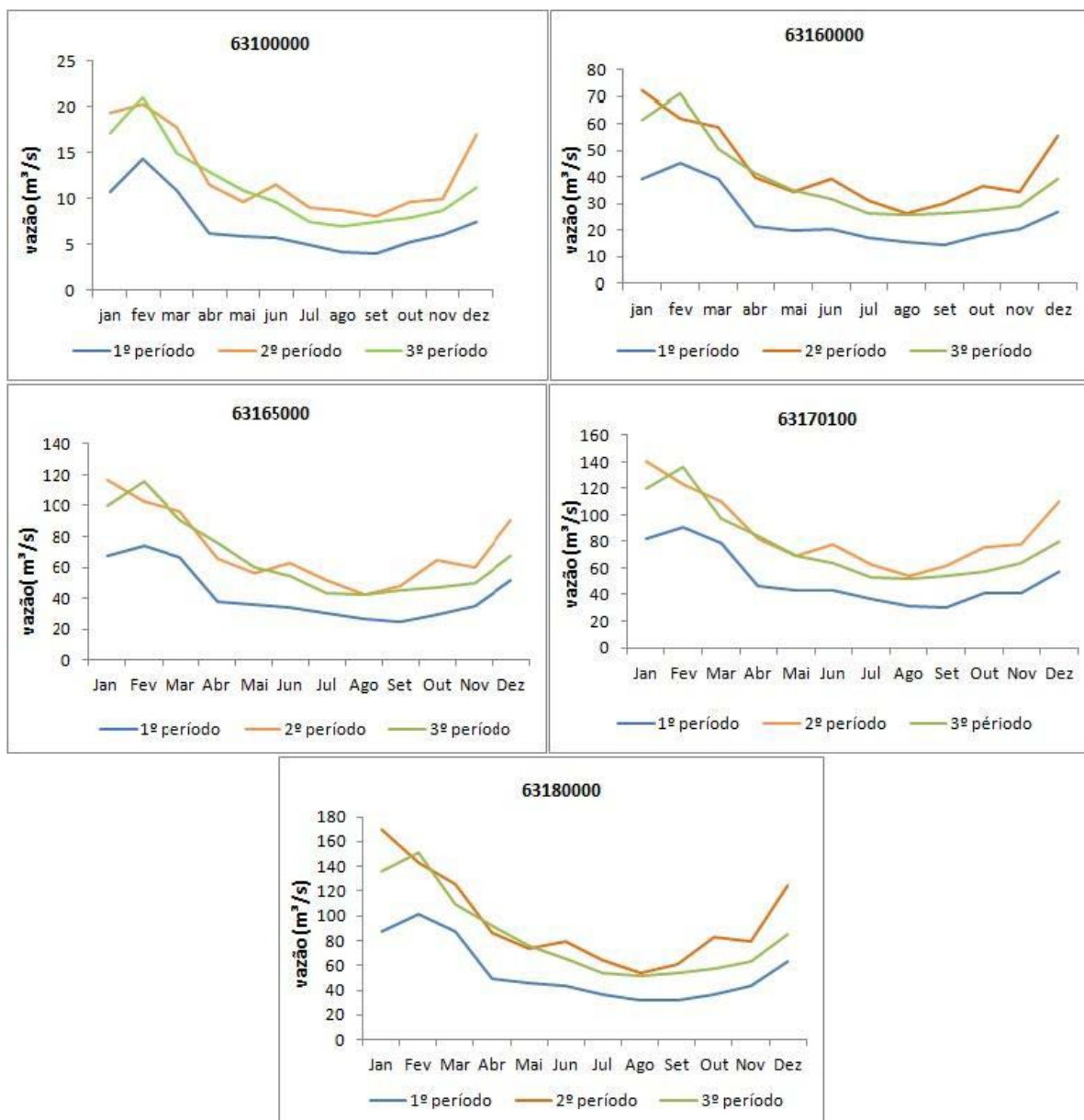


Figura 24 - Variabilidade sazonal da vazão na bacia hidrográfica do rio Aguapeí. 1º período (1948 a 1971); 2º período (1972 a 1984); 3º período (1985 a 2000).

Rocha (2002) menciona a bacia hidrográfica como uma unidade onde a observação aos processos de descarga se torna mais notável, permitindo a avaliação da sazonalidade das vazões, pois estas podem revelar as variações ocorridas ao longo de uma dada série histórica de monitoramento, tornando-se importante para compreensão quanto à interação entre o homem e ambiente.

Nesse sentido, a figura 24 apresenta a variabilidade sazonal na bacia hidrográfica do rio Aguapeí analisada em três diferentes períodos hidrológicos mostra baixa

amplitude entre os dados de vazão do segundo e o terceiro período hidrológico. Já do primeiro para o segundo período hidrológico há maior amplitude no decorrer de todo o ano hidrológico, de modo que os menores valores foram registrados em todos os postos fluviométricos entre os meses de julho e setembro em torno de $4\text{m}^3/\text{s}$, $8,18\text{ m}^3/\text{s}$ e $7\text{m}^3/\text{s}$ respectivamente nos três períodos hidrológicos no posto 63100000 de montante e $51,35\text{m}^3/\text{s}$, $31,39\text{ m}^3/\text{s}$, 54 no posto 63180000 à jusante do curso principal.

As maiores intensidades da vazão sazonal ocorrem entre os meses de janeiro e fevereiro, conforme salientado por Rocha (2009) o padrão de fluxo varia em horas, dias ou estações do ano, não correspondendo imediatamente quando da precipitação.

5.2.2 Regime e períodos hidrológicos do rio do Peixe

De uma forma geral a dinâmica do regime interanual no rio do Peixe é bastante semelhante ao regime do rio Aguapeí, especificamente por se localizarem na mesma área geográfica e apresentarem também características comuns no que concerne o uso predominante da terra, geologia, geomorfologia e padrão pluviométrico.

A tabela a seguir apresenta algumas das características dos postos fluviométricos relacionados com dados de vazão disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) e pelo Sistema Integrado de Recursos Hídricos do estado de São Paulo (SIGRHI), conforme apresentado pelo quadro 4.

Quadro 4 - Características dos postos fluviométricos com dados de vazão no Rio do Peixe (UGRHi 21)

Código	Nome do posto	Coordenadas geográficas	Município	Rio	Área de drenagem (km ²)
63650000	Bairro S. Geraldo	22°18'0" 50°2'0"	Marília	Peixe	734
63670000	Avencas/Oscar Bressani	22°16'00" 50°08'52"	Echaporã	Peixe	1061
63710000	Estrada do Quatá	22°3'46" 50°36'34"	Tupã	Peixe	2883
63810000	Flora Rica/Emilianópolis	21°44'38" 51°26'41"	Flora Rica	Peixe	7422
63700000	Varpa	22° 4'56" 50° 32'58"	Tupã	Peixe	2650
63790000	Fazenda São Luiz	21°52'48" 51°15'53"	Pres. Prudente	Peixe	700

Destaca-se que na bacia rio do Peixe, assim como na bacia do rio Aguapeí, maioria dos postos fluviométricos com série histórica de dados localiza-se às margens do curso principal da bacia, havendo apenas um posto no curso do ribeirão Mandaguari, localizado no município de Presidente Prudente.

Em comparação com a dinâmica do rio Aguapeí, o rio do Peixe apresenta uma variabilidade hidrológica compreendida em três períodos hidrológicos, conforme apresentado na figura 25:

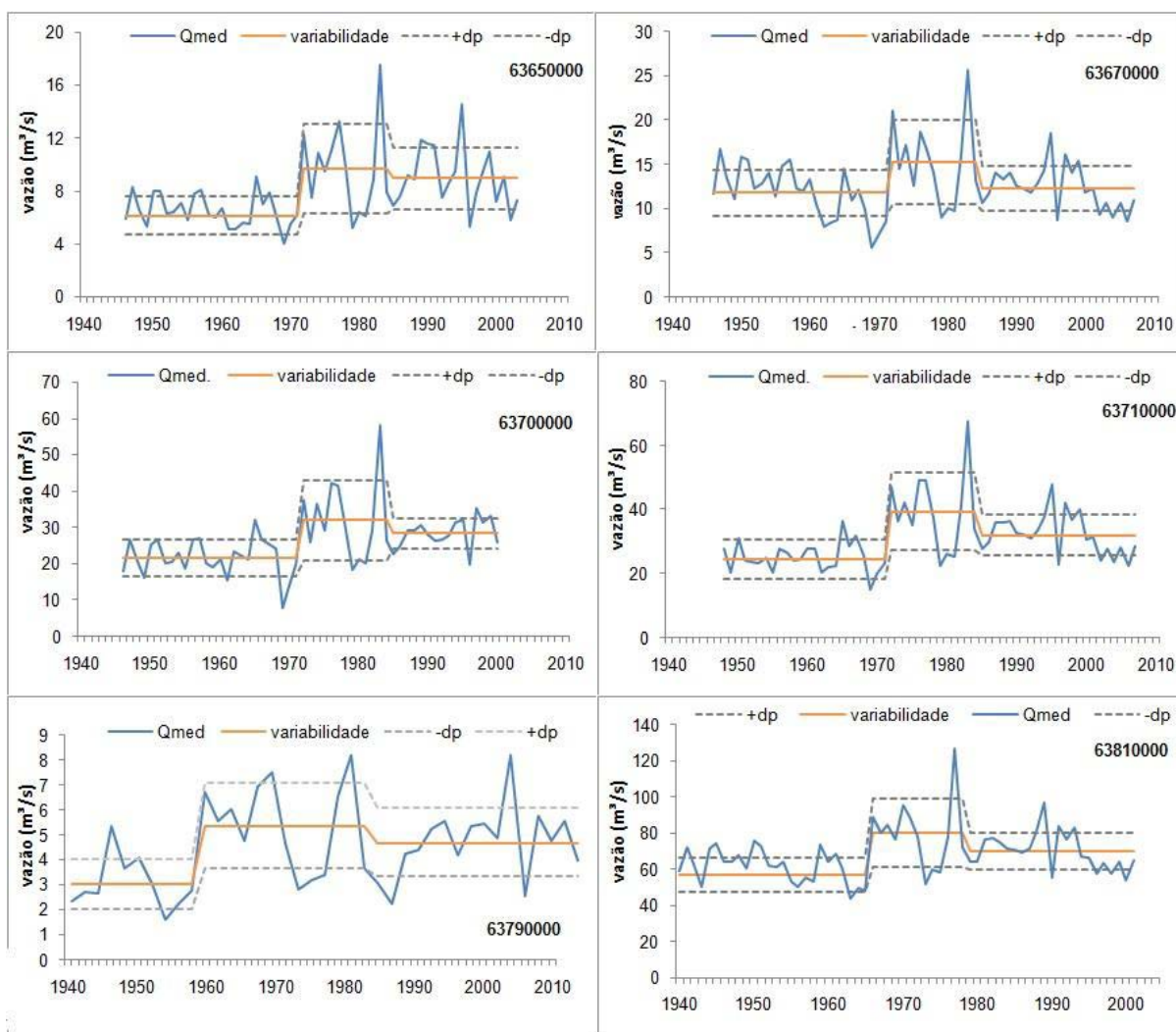


Figura 25 - Vazão média nos postos fluviométricos da bacia hidrográfica do rio do Peixe com destaque na coloração laranja para os períodos hidrológicos identificados

A figura 25 apresenta de forma notável que a dinâmica interanual do regime hidrológico do rio do Peixe é bastante similar ao regime do rio Aguapeí, conforme já

mencionado, devido especificamente ao fator de localização de ambas as bacias hidrográficas. Nesse sentido, os dados da série histórica dos postos da bacia do rio do Peixe foram estendidos para efeito comparativo.

Observa-se também que os períodos de transição da magnitude da vazão têm ocorrência nos mesmos anos em ambas as bacias hidrográficas podendo ser notado nos pontos de inflexão da linha alaranjada da figura 25. Dessa forma, nota-se a existência de três períodos hidrológicos, cujas magnitudes apresentam significativa variabilidade especificamente no período que abrange os anos de 1972 a 1984, onde os picos de máxima vazão exprimem maior amplitude em relação à vazão média do período hidrológico. Dessa forma, foram aplicadas estatísticas básicas aos dados buscando identificar os pontos de maior dispersão dos dados e períodos com maiores amplitudes nos dados da série, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Estatísticas aplicadas no regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio do Peixe

Postos	63650000	63670000	63710000	63700000	63810000	63790000
Fluviométricas						
Q média (m ³ s ⁻¹) 1948-1971	6,15	11,80	24,66	21,52	66,37	3,03
Q média (m ³ s ⁻¹) 1972-1984	9,71	15,29	39,52	32,01	98,89	5,73
Q média (m ³ s ⁻¹) 1985-2000	8,98	12,32	32,28	28,26	80,26	4,70
σ 1948-1971	1,46	2,62	6,22	5,0	9,67	1,02
σ 1972-1984	3,40	4,78	12,09	11,0	18,93	1,71
σ 1985-2000	2,33	2,50	6,39	4,03	10,18	1,38
CV (%) 1948-1971	23,67	22,17	25,20	23,29	17,05	0,34
CV (%) 1972-1984	34,98	31,23	30,6	34,28	23,68	0,32
CV (%) 1985-2000	25,99	20,28	19,8	14,26	14,52	0,29

A vazão média do primeiro período hidrológico no posto 63670000 foi de 21,52 m³s⁻¹, no posto 63810000, foi de 66,37 m³s⁻¹. Enquanto medida de dispersão (Iemma, 1992), o desvio padrão mostra o quanto a vazão variou em relação à média no primeiro período hidrológico, sendo expressiva para o posto mais à jusante, esta foi de 9,67, quando a vazão média para tal período foi de 66,37 m³s⁻¹.

Em comparação os postos de alto curso, como aquele no município de Marília (63650000), localizado próximo à nascente, o desvio padrão se apresentou baixo (1,46),

e aquele localizado no ribeirão Mandaguari (1,02) indicando que há pouca variação da vazão nesse período com relação vazão média naquele posto fluviométrico.

As magnitudes máximas de vazão de fluxo no rio do Peixe, estão representadas na tabela 5, assim como no rio Aguapeí, verifica-se que ao longo da série de dados, alguns anos se destacaram por apresentar ocorrência de picos de máximas, sendo registrados maiores vazões em todos os postos. Assim também avaliou-se essa variabilidade pela razão entre máximas e mínimas naqueles anos em que as mínimas foram absolutas registradas na série de dados.

Tabela 5 - Razão entre magnitude máxima e mínima da vazão média anual na bacia hidrográfica do rio do Peixe, com destaque para ocorrência de máximas

Postos Fluviométricos	Área de influência (Km²)	Data de ocorrência	Máxima magnitude (m³/s)	Mínima magnitude (m³/s)	Razão
63790000	700	1983	58,75	2,04	28,7
63650000	734	1995	93,29	3,91	24
63670000	1061	1995	96,33	6,29	15,3
63710000	2883	1995	246,87	17,77	14
63700000	2650	1995	110,67	12,31	9
63810000	7422	1995	430,41	41,40	10,4

Cabe destacar que os valores apresentados na tabela 5 são magnitudes máximas no decorrer da série histórica, demonstra que nessa bacia hidrográfica dentre os maiores picos de máxima vazão, apenas um posto apresentou máxima na década de 1980. No entanto, como característico de cada período hidrológico, em outras ocasiões houve ocorrência de picos, mas com menores magnitudes de fluxo.

No segundo período hidrológico que abrange os anos de 1972 a 1984, apenas o ano de 1983 mostrou vazão máxima dentre os anos daquele período, no posto 63790000, a vazão foi 58,75 m³s⁻¹, nos demais postos nessa bacia hidrográfica, o ano em que todos registraram máximas vazões foi o terceiro período hidrológico, o ano de 1995, como pode ser observado na tabela 7. Sobretudo em relação às mínimas daqueles anos (razão), fica evidente como em alguns postos há grande variabilidade de vazão dentro do mesmo ano hidrológico, ou seja, o ano civil.

Em relação às mínimas vazões dessa série histórica, não houve um padrão de anos que apresentou mínimas vazões na bacia do rio do Peixe. De um modo geral, dois

anos da série apresentaram mínimas vazões em alguns postos, tais como 63670000, 63700000 e 63810000 com valores $1,63 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, $1,98 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e $26,34 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, conforme apresentado na tabela 6.

Tabela 6 - Razão entre magnitude máxima e mínima da vazão média anual na bacia hidrográfica do rio do Peixe, com destaque para ocorrência de mínimas

Postos Fluviométricos	Área de influência (Km²)	Ano de ocorrência	Máxima magnitude (m³/s)	Mínima magnitude (m³/s)	Razão
63650000	734	1970	20,19	2,27	9
63670000	1061	1969	10,28	1,63	6,3
63710000	2883	1969	27,73	9,32	2,8
63700000	2650	1969	18,30	1,98	9,2
63810000	7422	1971	98,88	26,07	3,8
63790000	700	1968	4,14	0,09	46

Considerando-se que a tabela 7 apresente os postos fluviométricos conforme ordem de localização, ou seja, de montante para jusante. É notável que o ano de 1969 se destacou em termos de vazão mínima, tal fenômeno foi registrado em três dos postos fluviométricos nessa área. O triênio de 1969 até 1971 teve magnitude mínima de vazão em maioria dos postos fluviométricos nessa área. Isoladamente o posto 63790000, localizado na sub-bacia do rio Mandaguari apresentou magnitude mínima no ano de 1968. Assim como acontece na bacia do rio Aguapeí, também na bacia do Peixe, a razão é sempre muito menor quando o destaque é para a ocorrência de vazão mínima.

É interessante destacar que nesses mesmos anos houve maior incidência de picos de mínimas também na bacia hidrográfica do rio Aguapeí. Salienta-se dessa forma, com relação à frequência de ocorrência de vazões mínimas na bacia do rio do Peixe que em média em 32% dos anos de toda a série de registro ocorreram vazões mínimas extremas.

Na bacia do rio do Peixe também houve mudança abrupta na transição de um período hidrológico para o outro, especificamente no ano de 1971, quando a vazão média saltou significativamente no ano de 1972. Tal mudança é notável nos gráficos das figuras apresentadas e mais facilmente nos dados dos postos localizadas a jusante, onde a vazão é maior. De um modo geral, a vazão manteve um padrão de duração nos primeiros anos da série na bacia do rio do Peixe, não apresentando muita variabilidade.

Também foi realizada análise da variabilidade sazonal da vazão na bacia hidrográfica do rio do Peixe com base nos períodos hidrológicos identificados. A figura 26 apresenta os gráficos da vazão mensal em função do tempo considerando-se o ano convencional, de janeiro a dezembro, dessa forma é possível observar a variabilidade conforme períodos sazonais anuais em cada período hidrológico.

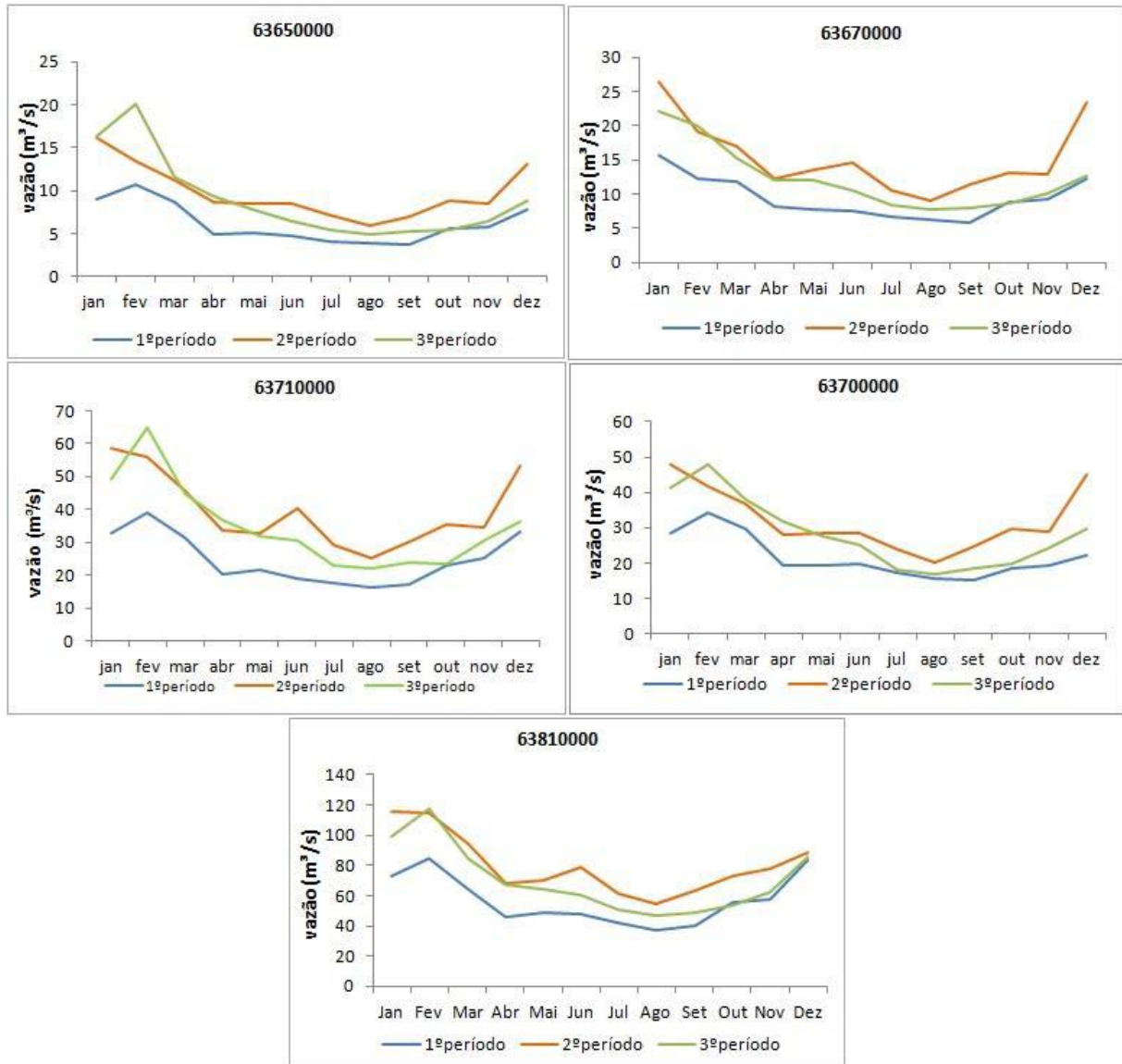


Figura 26 - Variabilidade sazonal da vazão na bacia hidrográfica do rio do Peixe conforme períodos hidrológicos. 1º período (1948 a 1971); 2º período (1972 a 1984); 3º período (1985 a 2000)

A figura 26 demonstra que no primeiro período hidrológico os meses mais secos foram agosto e setembro registrado em todos os postos fluviométricos, o segundo e

terceiro períodos hidrológicos já foram um pouco diferentes, embora o período de seca abranja os meses de junho a outubro, cada posto apresentou um bimestre mais seco diferindo entre si.

A avaliação sazonal também possibilita observar que a vazão apresentou aumento ao longo do tempo em todos os postos fluviométricos, pois ao analisar o primeiro período hidrológico, através do traçado em azul, verifica-se que apenas nos meses de novembro e dezembro há maior proximidade dos níveis de água, ainda assim tal fato não ocorre em todos os postos fluviométricos.

O segundo e terceiro período hidrológicos praticamente se equivalem nos primeiros meses de cada ano, no entanto, com o passar dos meses a diferença entre eles aumenta. O terceiro período hidrológico, na coloração laranja é aquele que apresenta maior variabilidade sazonal em todos os postos fluviométricos em estudo.

5.2.3 Relação chuva-vazão

A atividade de intercambio possibilitou explorar essa relação de uma forma bastante concisa. Em busca de correlações que demonstrassem certa significância ($R^2 \geq 0,7$ e $R \geq 0,7$), verificou-se que se trata de eventos que não se correlacionam diretamente.

Considerando-se que em ambientes tropicais o solo seja mais espesso, como é o caso da área de estudo, quando dos eventos de chuva, grande quantidade dessa água que cai se perde ou permanece na espessa camada de solo até atingir os cursos de água, conforme detalhado na seção anterior. A tabela 7 apresenta os coeficientes de determinação e correlação obtidos da relação chuva- vazão na área de estudo.

Tabela 7- Determinação de dados de vazão com precipitação por média, máxima e mínima mensal posto fluviométrico 63100000

Estações pluviométricas 2149043; 2149030; 2249066; 2249005; 2151006	Posto referência 63100000		
Dados	Equação	R²	R
Precipitação média	$y = 10,486x + 25,374$	0,415	0,624
Precipitação mínima	$y = 1,2848x + 25,993$	0,863	0,452
Precipitação máxima	$y = 1,2783x + 27,111$	0,883	0,616

O posto fluviométrico adotado como referência para esse teste localiza-se no alto curso da bacia do Aguapeí e as estações pluviométricas estão diretamente à montante do mesmo. Ao analisar a tabela 8 é possível verificar que a partir da relação dos dados mensais entre máxima, média e mínima precipitação o coeficiente de determinação foi um pouco mais significativo no cruzamento entre vazão mensal, precipitação máxima e mínima. A média é relativamente pouco expressiva, $R^2 = 0,4$, como também pode ser observado no coeficiente de Pearson (R).

Ao analisar os testes na tabela 8, onde foram empregados dados de um posto fluviométrico diretamente à jusante também localizado na bacia do Aguapeí, é notável que os coeficientes de determinação assim como no teste anterior também não são expressivos, cujos R^2 todos ficaram em torno de 0,4.

Tabela 8 - Determinação de dados de vazão com precipitação por média, máxima e mínima mensal posto fluviométrico 63160000

Estações pluviométricas 2150030; 2150029	Posto referência 63160000		
Dados	Equação	R²	R
Precipitação média	$y = 3,0654x + 12,558$	0,435	0,658
Precipitação mínima	$y = 2,3801x + 10,089$	0,427	0,656
Precipitação máxima	$y = 2,7033x - 3,8999$	0,485	0,637

Ao repetir o procedimento com dados de postos fluviométricos localizados mais jusante na bacia do Aguapeí (Tabela 9), os coeficientes de determinação ficam ainda menores ao passo que em todo o processo foi tomado o devido cuidado para usar as estações pluviométricas localizadas diretamente à montante de cada posto fluviométrico.

Tabela 9 - Determinação de dados de vazão com precipitação por média, máxima e mínima mensal posto fluviométrico 63160000

Estações pluviométricas 2151039; 2150064; 2150025; 2150024		Posto referência 63165000		
Dados	Equação	R²	R	
Precipitação média	$y = 0,7711x + 69,856$	0,063	0,177	
Precipitação mínima	$y = 0,2329x + 100,1$	0,018	0,113	
Precipitação máxima	$y = 0,2889x + 87,599$	0,018	0,195	

O posto considerado de baixo curso utilizado no teste para a bacia do Aguapeí foi o 63170100, localizado no município de Lucélia, também foram selecionadas duas estações pluviométricas diretamente à montante desse posto para o teste, conforme é possível ser apreciado na tabela 10.

Tabela 10 - Determinação de dados de vazão com precipitação por média, máxima e mínima mensal posto fluviométrico 63170100

Estações pluviométricas 2150028; 2150070		Posto referência 63170100		
Dados	Equação	R²	R	
Precipitação média	$y = 1,6224x + 8,6458$	0,322	0,596	
Precipitação mínima	$y = 1,2224x + 6,8443$	0,395	0,611	
Precipitação máxima	$y = 1,5873x - 14,855$	0,423	0,639	

Ao passo que os resultados desses testes não se mostraram satisfatórios em relação às expectativas, esse tipo de teste foi empregado apenas aos dados da bacia do rio Aguapeí. Considerando-se a caracterização geográfica e também aspectos de uso e ocupação nessa área, verificou-se que os mesmos resultados seriam obtidos de correlacionamentos também na bacia do rio do Peixe.

O que é possível depreender desse tipo de análise é que essa área como um todo, ou seja, apresenta séria necessidade de monitoramento. Avaliar e regime das vazões nessas bacias apenas pelos dados de precipitação não parece uma ação muito efetiva, uma vez que a partir desses testes é possível se certificar de que o regime de chuvas não possui resposta direta no escoamento fluvial.

Embora a literatura considere a intensificação de monitoramento em bacias de grande porte uma prática dispendiosa, nota-se que é cada vez mais necessário haver monitoramento efetivo, pois em áreas como esta, com solo espesso, não há sequer

monitoramento dos caminhos das águas entre o evento da precipitação e sua resposta nos cursos fluviais.

5.3 Análises de componentes principais entre os períodos hidrológicos

De acordo com Schunk-Silva e Nery (2000), a aplicação da análise de componentes principais se torna vantajoso do ponto de vista da facilidade de se determinar combinações lineares das variáveis que expliquem ao máximo possível a variação existente nos dados originais. Uma das vantagens é a não necessidade de submissão prévia dos dados da pesquisa a algum tipo de distribuição. Conforme mencionado nos item referente aos procedimentos metodológicos, essa técnica não “esconde” parte das variáveis, ela somente reduz as dimensões existentes da variabilidade dos dados.

Assim, foram efetuados os agrupamentos por posto fluviométrico que, conforme já mencionado sinalizam a saída de cada sub-bacia em estudo, buscando delinear uma análise grupal que mostre como essas variáveis físicas intrínsecas a cada sub-bacia se dividem. Nessa análise de agrupamento todos os dados característicos de cada posto fluviométrico foram considerados. Desse modo foram gerados três agrupamentos, sendo um para cada período hidrológico, que na referida situação se torna um fator preponderante para a análise, conforme ilustrado na figura 27 o agrupamento dos postos fluviométricos considerando o primeiro período hidrológico.

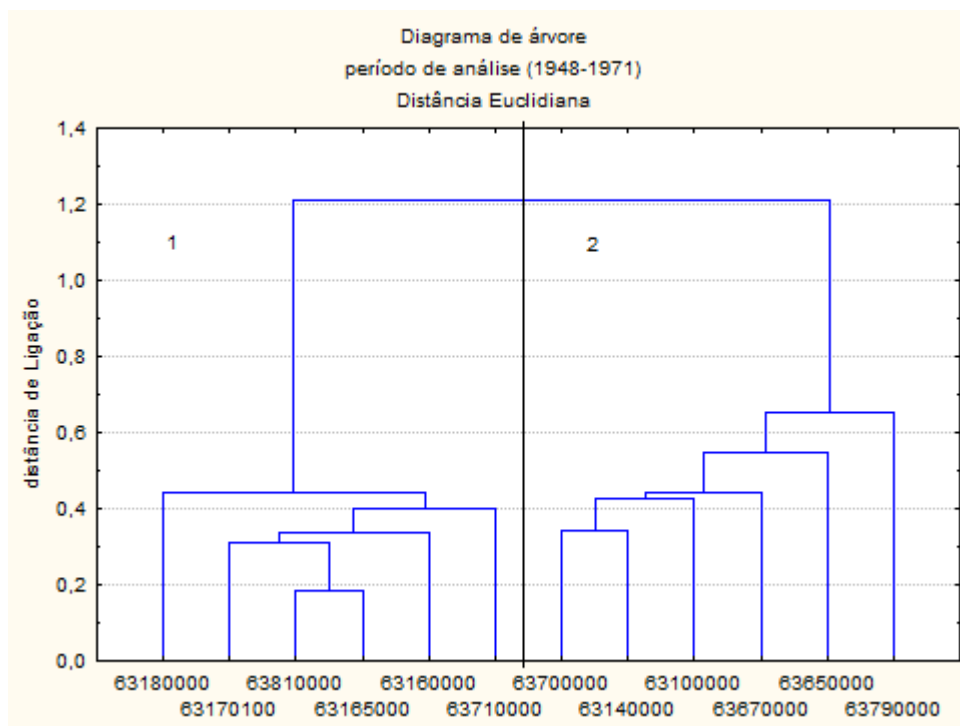


Figura 27 - Agrupamento dos postos fluviométricos da área de estudo – 1º período hidrológico

Verifica-se nesse agrupamento que os postos em análise se configuraram em dois grupos, sendo o grupo 1, do lado esquerdo que há uma concentração de postos cujas áreas de influência são grandes. E outro com os postos de menores áreas. Considerando-se que este agrupamento tenha sido elaborado com base nos tamanhos das áreas de influência dos postos fluviométricos.

Em termos comparativos, observa-se como se dá o mesmo agrupamento considerando o segundo período hidrológico, figura 28:

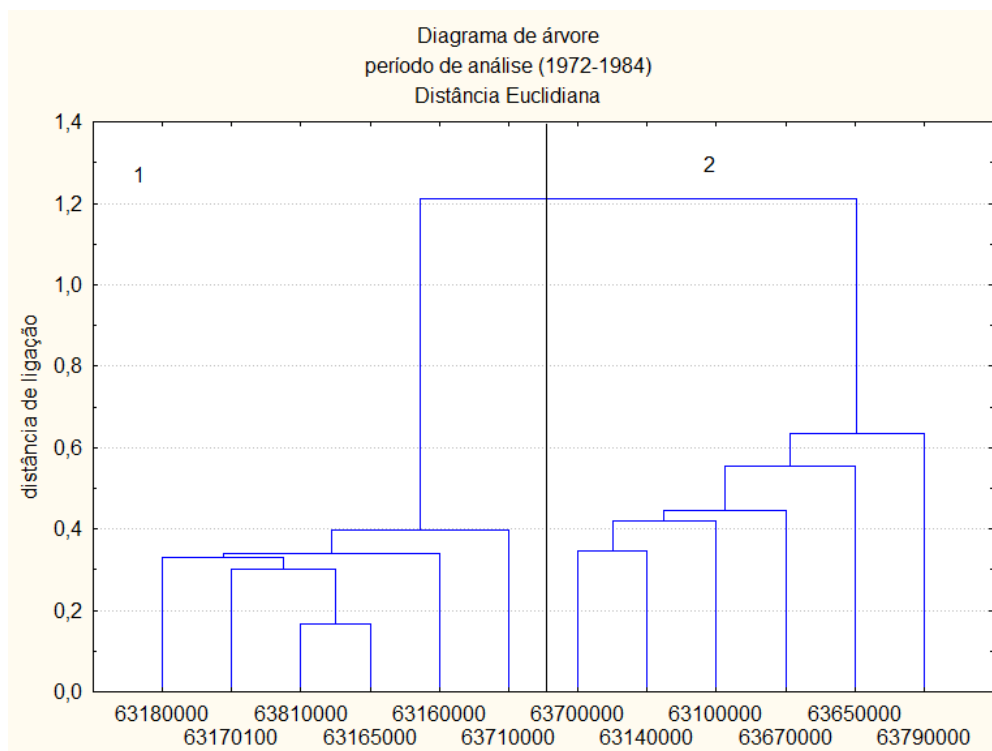


Figura 28 - Agrupamento dos postos fluviométricos da área de estudo – 2º período hidrológico.

O agrupamento dos dados referentes ao segundo período hidrológico distribuiu todos os postos de grande área de drenagem para o sub-grupo 1, enquanto que no sub-grupo dois, todos os postos são de pequena área. Em relação aos postos de área média, dividem-se entre os dois grupos.

O agrupamento obtido no terceiro período hidrológico tem a mesma configuração, com diferenças apenas nas distancias entres um posto e outro, ilustrado na figura 29.

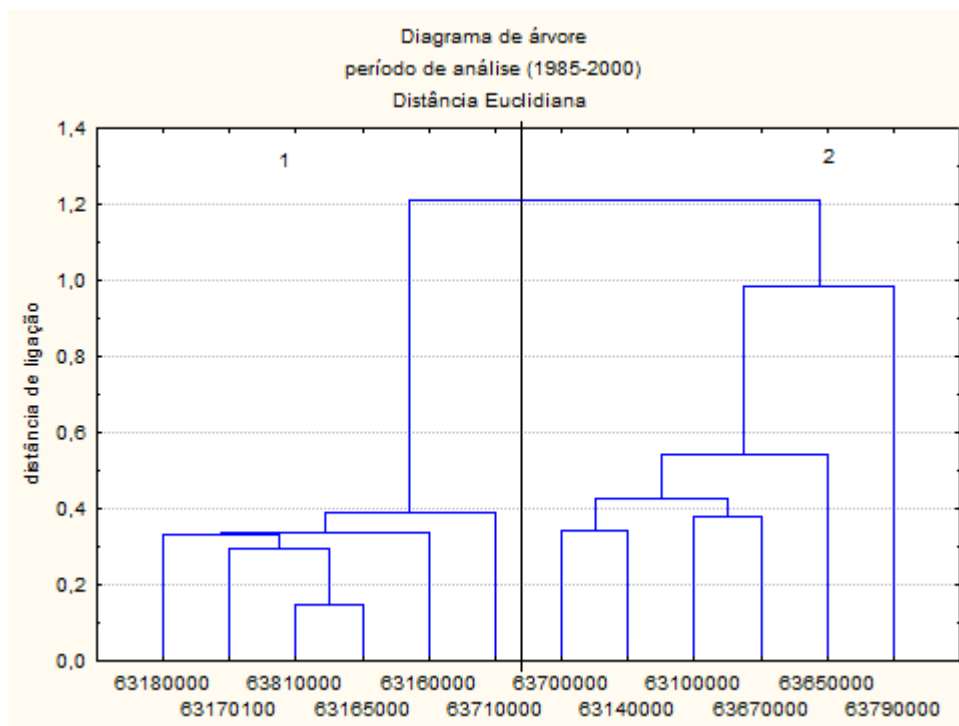


Figura 29 - Agrupamento dos postos fluviométricos da área de estudo – 3º período hidrológico

Analisando-se os agrupamentos sob a ótica dos processos fluviais fica evidente que as variações entre um agrupamento e outro devem-se não unicamente à dinâmica de fluxo, mas também a fatores de ordem física como a densidade de drenagem no interior de cada sub-bacia, o comprimento dos trechos de canal principal, o perfil longitudinal e certamente aos fatores climáticos.

Nesse sentido, em busca de outras formas de arranjo para os elementos contidos nessa análise, as variáveis físicas e hidroclimáticas foram recompostas conforme ilustrado pela ACP na figura 30, considerando-se o peso da variável área de drenagem em relação às demais características de cada posto fluviométrico.

Nessa ACP o fator 1 representa o conjunto de variáveis de cada posto fluviométrico, com exceção à área de drenagem que nesse caso passa a ser representada pelo fator 2.

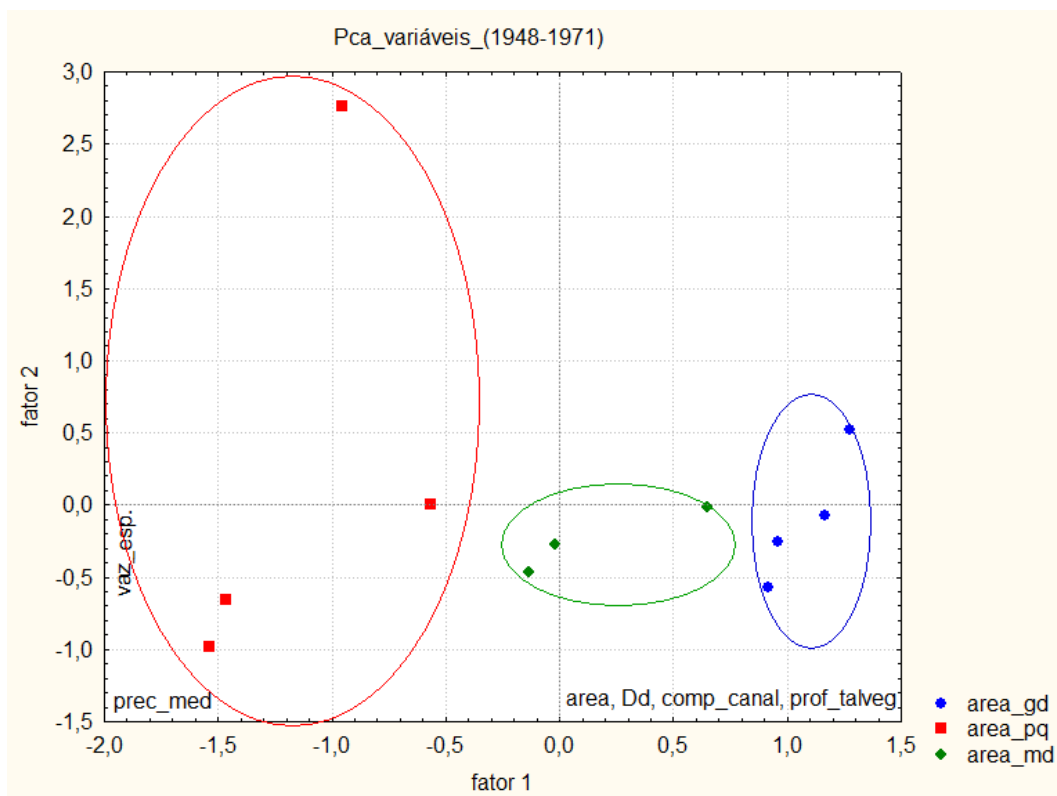


Figura 30 - Análise de componentes principais aplicado ao conjunto de variáveis 1º período hidrológico

A interpretação possível de ser extraída dessa ACP, configurada pelo conjunto das variáveis referentes ao primeiro período hidrológico é que os postos fluviométricos apresentam certa tendência em se concentrar em pequenos subgrupos com algumas características em comum (os círculos em volta dos postos são para dar maior destaque).

Ao recorrer sobre a ACP em questão, verifica-se que os postos fluviométricos de áreas de drenagem grandes se assemelham por possuir características do meio físico semelhantes, tais como densidade de drenagem, comprimento do canal, e profundidade do talvegue. também se assemelham quanto à vazão específica média, em relação ao fator 2 negativo, à exceção do posto 63180000).

Os postos de áreas médias centraram-se nas proximidades dos pontos de convergência dos dois eixos. Demonstram com isso que tanto nos aspectos físicos como hidrometeorológicos as divergências não são significativas, possuindo padrões muito parecidos.

Já os postos de áreas menores se distribuíram igualmente entre o fator 1 negativo e fator 2 negativo e positivo. Dentre os quatro postos três assinalam semelhanças tanto nos padrões de precipitação média, como na vazão específica média.

A figura 31 apresenta a mesma análise de componentes principais com a diferença que os dados hidrológicos e pluviométricos são do segundo período hidrológico.

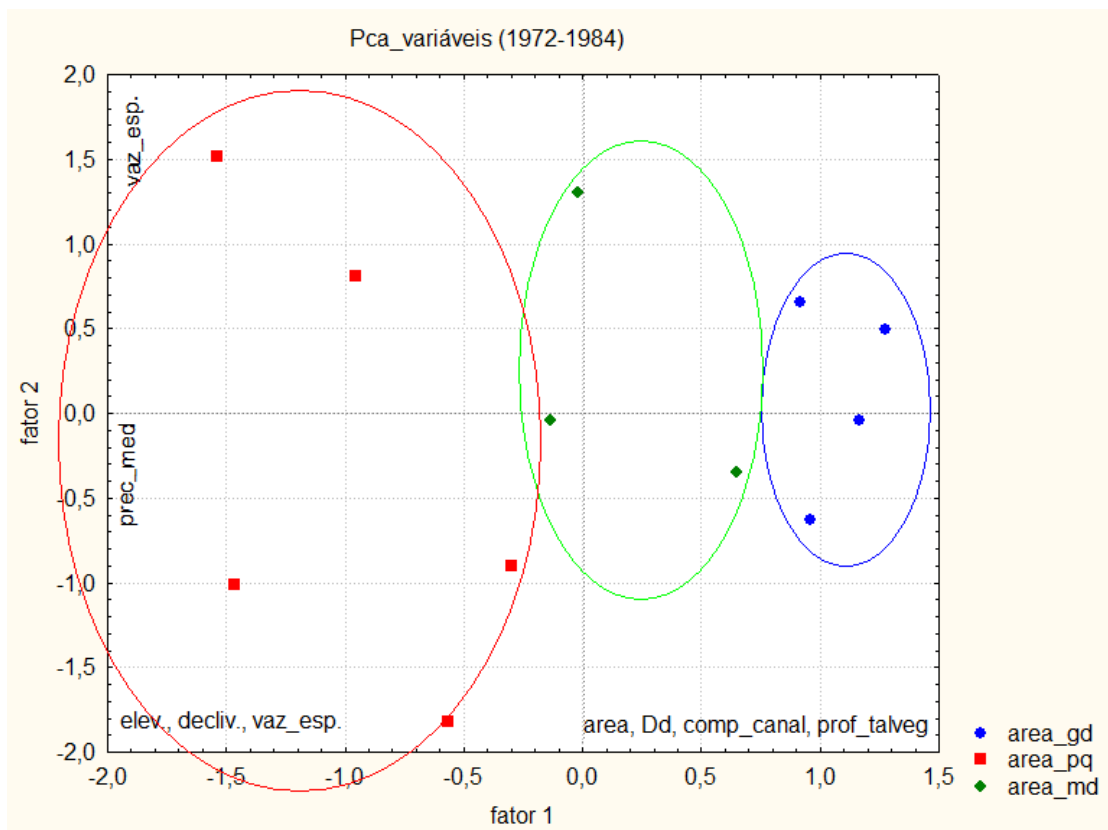


Figura 31 - Análise de componentes principais aplicado ao conjunto de variáveis 2º período hidrológico

Em relação à ACP aplicada às variáveis do segundo período hidrológico, assim como no período diretamente anterior, as variáveis que caracterizam o meio físico prevalecem as mesmas sendo que as mudanças mais significativas são para aquelas variáveis hidrometeorológicas, observadas no fator 1 e fator 2 negativos. Nessa ACP a vazão específica média foi a única variável que obteve correlação relativamente alta em comparação às demais, pois em ambos os fatores de análise obteve coeficiente alto,

sendo de -0,69 no fator 1 e de 0,56 no fator 2, embora tenha se apresentado como uma característica de padrão semelhante entre todos os postos fluviométrico.

Os postos fluviométricos de áreas menores se concentraram no fator 1 e fator 2 negativo, de forma que três dentre os cinco postos possuem nítida afinidade no que tange a precipitação média, enquanto que outros dois apresentam maior compatibilidade em relação à vazão específica média.

Os postos de áreas médias concentraram-se nas proximidades da faixa zero dos dois fatores de análise. Verifica-se, contudo que três postos fluviométricos (63700000, 63160000 e 63710000) possuem certo padrão de semelhança nos aspectos físicos por concentrarem-se predominantemente no fator 1 positivo, já em relação aos dados hidrometeorológicos, verifica-se que dois estão no fator 2 positivo e outros dois, no fator 2 negativo.

Na avaliação da ACP aplicada ao terceiro período hidrológico, poucas diferenças foram observadas, ilustrado na figura 32.

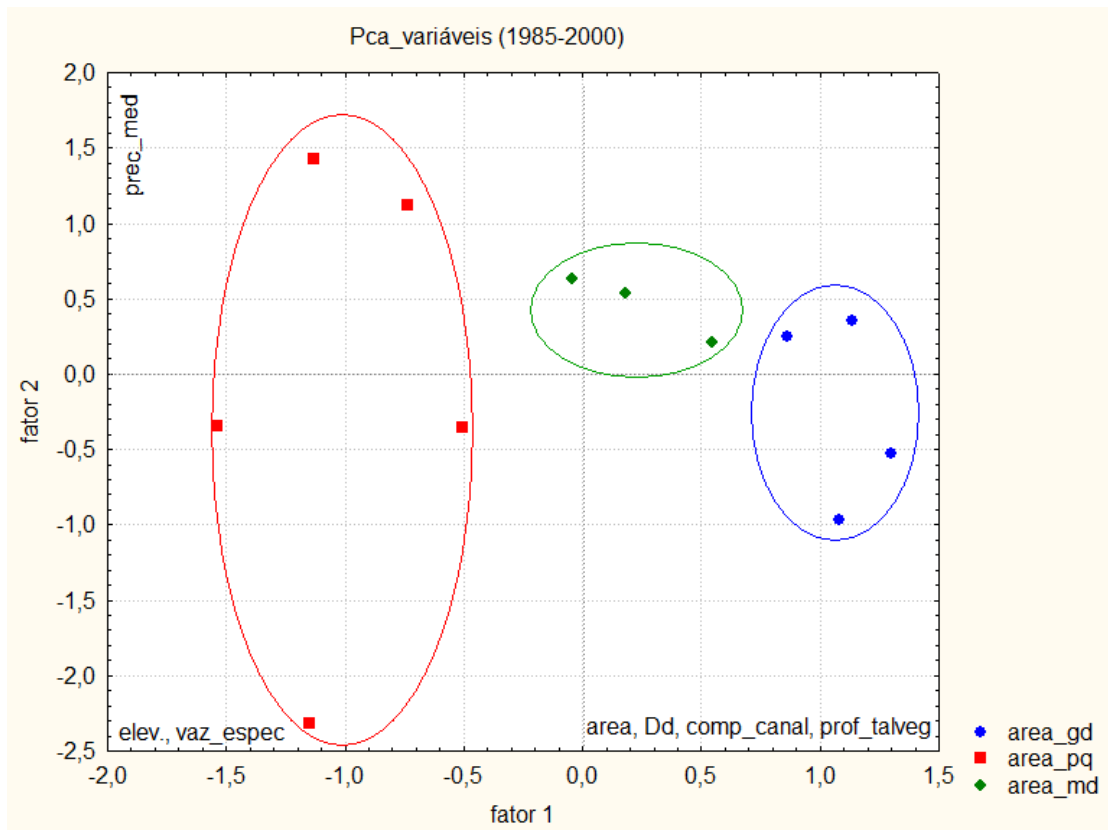


Figura 32 - Análise de componentes principais aplicado ao conjunto de variáveis 3º período hidrológico

Na ACP aplicada às variáveis do terceiro período hidrológico, verifica-se que o conjunto dos postos fluviométricos de área grande conservaram as características físicas, sendo que somente o fator elevação obteve uma correlação negativa, mas significativa, se analisado fator 1. Enquanto que na avaliação das informações contidas no fator 2, houve uma divisão desses postos, dois deles apresentaram afinidades na variável precipitação média, no fator 2 positivo e os outros dois apresentaram maior conformidade no quesito vazão específica média naquele período hidrológico.

Os postos de área média, localizados na porção central do gráfico, são homogêneos no ponto de vista tanto dos aspectos físicos como também na configuração do padrão de precipitação média.

Os postos fluviométricos de menor área concentraram-se no fator 2 negativo e fator 1 positivo, tendo como fortes semelhanças os padrões de vazão específica média no período, além do fator elevação. Verifica-se ainda, que no fator 2 positivo, há uma pequena disparidade nos parâmetros característicos, tais como apenas dois dos cinco postos apresentarem semelhança no padrão de precipitação média, e outros três na vazão específica média.

Em síntese, a ACP com gráfico de análise multivariada possibilitou inferir que de uma forma geral, os postos fluviométricos conservam suas características físicas, ao passo que conforme o tamanho da sub-bacia de drenagem, o regime hidrometeorológico vai se diferenciando entre um período e outro.

Nos postos de montante, cujas áreas de drenagem são menores, há maiores índices de pluviosidade. De acordo com Meller *et al.*, (2008), a precipitação em uma bacia hidrográfica varia com as características topográficas. Mais adiante são apresentados e discutidos mais detalhadamente as distribuições da precipitação, conforme os períodos hidrológicos analisados.

No que tange a vazão média, também diversos fatores inseridos na bacia hidrográfica que afetam seu regime, tais como as características de infiltração dos solos, características hidráulicas dos aquíferos, frequência de recarga, geologia, vegetação, clima, entre outros.

À medida que se aproxima da foz da bacia hidrográfica, as áreas de drenagem ficam mais extensas e a vazão média também aumenta com a área (Tucci, 2002), no

entanto, veremos no item seguinte que esse fenômeno não acontece necessariamente nessa sequência na área de estudos, há variações entre um período hidrológico.

5.4 Caracterização fisiográfica das Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe

As Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe possuem diversas características semelhantes inerentes aos processos geológicos/geomorfológicos e também no que tange aspectos de cunho socioambiental, uso e cobertura da terra. A área de estudo foi dividida em sub-bacias, considerando-se como saída de cada sub-área os postos fluviométricos. através das quais algumas análises foram efetuadas. Tabela 11 apresenta de forma sucinta a caracterização fisiográfica referente às sub-bacias em estudo.

Tabela 11 - Caracterização fisiográfica das sub-bacias dos rios Aguapeí e Peixe

Bacia hidrográfica	Sub-bacia	Lat	Long	Coefficiente compacid.(Kc)	Fator Forma (Kf)	Área km ²	Dens dren	Elevação(mt)	Comp.do curso (km)	Profundidade talvegue(mt)
Rio peixe	63790000	-22,058251	-51,275148	0,84	0,13	700	0,8	405,72	16,65	17,9
Rio peixe	63650000	-22,310942	-49,835054			734	1,4	567,51	17,77	18,2
Rio peixe	63670000	-22,346477	-50,114488			1061	1,8	497,46	29,8	13,1
Rio peixe	63710000	-22,034916	-50,518559			2883	3,63	453	70,79	12,1
Rio peixe	63700000	-22,205181	-50,335524			2650	2,48	473,91	58,08	24,8
Rio peixe	63810000	-21,926976	-51,00727			7422	4,09	410,72	119,65	35,9
Rio aguapeí	63100000	-22,014281	-49,650853	0,98	0,17	1092	2,07	509,02	25	21,3
Rio aguapeí	63140000	-22,020876	-49,922593			1428	2,29	494,24	52,35	23,5
Rio aguapeí	63160000	-21,712252	-50,059947			3670	3,9	440,06	79,14	21,9
Rio aguapeí	63165000	-21,817026	-50,379723			6217	4,02	441,62	116,68	30,1
Rio aguapeí	63170100	-21,571898	-50,736044			7660	4,31	407,24	143,26	23,8
Rio aguapeí	63180000	-21,577922	-51,001372			8643	4,61	390,41	168,97	20,5
Rio aguapeí	Aguapeí_foz	-21,317591	-51,317637			3329	2,93	353	401,14	
	Peixe_foz	-21,724594	-51,63509			2469	3,95	351	360,09	

O levantamento da caracterização fisiográfica de uma bacia hidrográfica é um importante procedimento para análise geográfica. Assim, a partir de tais aspectos é possível inferir algumas relações que podem responder diretamente nos processos decorridos no interior da área. Na primeira coluna da tabela 11, são apresentadas as bacias hidrográficas as quais cada sub-bacia pertence, sendo representados os postos fluviométricos pelo código ANA (Agência Nacional de Águas) do posto fluviométrico analisado que, neste caso em específico, representa a saída de cada uma das sub-bacias delimitadas.

Como não existem postos de monitoramento de vazão na foz de ambas as bacias hidrográficas em estudo, no processo de extração dos dados fisiográficos foram

inseridos pontos de saída das grandes bacias, sendo então denominados “foz_aguapeí ” e “foz_peixe”. Trata-se de importantes parâmetros para a compreensão dos fenômenos investigados ao longo dos canais principais das bacias em estudo.

A área de cada posto fluviométrico apresentado na tabela não foi gerado automaticamente, essas informações foram obtidas do SIGRHi, órgão responsável pelo sistema de gestão dos recursos hídricos no estado de São Paulo. A importância em adotar tais medidas é o fato de que cada área é acrescida daquela localizada diretamente a montante. Assim, as subáreas crescem no sentido de montante para jusante, acompanhando a vazão média na bacia hidrográfica.

5.5 Análise da distribuição da vazão mínima nas bacias do Aguapeí e Peixe

A tabela 12 apresenta os parâmetros de análise através do teste de Kolmogorov-Smirnov de oito dos postos fluviométricos em estudo. Considerando-se o 1º período hidrológico analisado, através da qual é possível verificar que a distribuição Weibull obteve maior desempenho se comparada com os outros modelos, de interesse podem ser obtidas para os diferentes postos considerando este modelo ajustado aos dados.

Tabela 12 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para postos fluviométricos das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe aplicado à série de dados do 1º período hidrológico

Parâmetros	63710000	63165000	63670000	63810000	63100000	63160000	63650000	63180000	\bar{E}
Gumbel	0.9401	0.3524	0.7934	0.7820	0.9864	0.4643	0.6558	0.7257	0.7125
Gama	0.9822	0.4904	0.7595	0.8846	0.9978	0.6289	0.8520	0.8671	0.8078
Weibull	0.8106	0.8733	0.8760	0.8611	0.9339	0.9095	0.8168	0.9742	0.8819
LNnormal	0.9913	0.4351	0.7228	0.8914	0.9973	0.5576	0.8013	0.8233	0.7775

A Tabela 13 apresenta os resultados das análises de média, desvio padrão, intervalo de confiança para média a 95% de confiança, percentil 2.5 e 97.5 e medianas para os diferentes postos fluviométricos ajustados pela distribuição Gumbel, o que pode ser significativo para demais pesquisadores dessa área.

Tabela 13 - Calculo das Médias, Desvios Padrões, Intervalos de Confiança para Média a 95% de confiança, Percentis 2.5, 97.5 e Medianas para os diferentes postos fluviométricos ajustados pela distribuição Gumbel

Posto	Média	Desvio P.	IC \bar{X} (95%)	2.5%	Mediana	97.5%
63710000	13.550	2.5187	(11.775, 15.325)	8.1104	13.7426	17.9373
63165000	22.822	3.0755	(20.655, 24.989)	15.9302	23.1401	27.9426
63670000	4.148	1.4010	(3.161, 5.135)	1.4958	4.1345	6.9097
63810000	33.215	5.3519	(29.444, 36.986)	21.4430	33.6960	42.3382
63100000	3.739	0.5504	(3.351, 4.127)	2.5168	3.7927	4.6656
63160000	13.327	2.2013	(11.776, 14.878)	8.4986	13.5197	17.0927
63650000	3.068	0.5147	(2.705, 3.431)	1.9408	3.1126	3.9514
63180000	28.132	3.6765	(25.542, 30.722)	19.8707	28.5196	34.2306

Ao analisar o segundo período hidrológico e comparando os demais modelos, foi possível verificar que a distribuição Gumbel foi aquela que obteve melhor desempenho na análise, pois conforme pode ser notado na tabela a seguir, dentre os oito postos em estudo, cinco deles demonstraram melhor desempenho através desta distribuição, conforme tabela 14.

Tabela 14 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para postos fluviométricos das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe aplicado à série de dados do 2º período hidrológico

Parâmetros	63710000	63165000	63670000	63810000	63100000	63160000	63650000	63180000	\bar{E}
Gumbel	0.9365	0.8880	0.7009	0.9462	0.6876	0.8270	0.8739	0.4757	0.7920
Gama	0.8394	0.5790	0.7069	0.9766	0.3413	0.5138	0.9202	0.2248	0.6378
Weibull	0.6163	0.4772	0.6790	0.7793	0.2054	0.3426	0.7010	0.1728	0.4967
LNormal	0.9320	0.6916	0.7164	0.9784	0.5058	0.6367	0.9149	0.3059	0.7102

Baseando-se nos resultados acima, verifica-se para o segundo período hidrológico a distribuição Gumbel obteve um desempenho superior se comparada com outros modelos, estatísticas de interesse podem ser obtidas para as diferentes estações considerando este modelo ajustado aos dados.

Considerando-se a existência de três distintos períodos hidrológicos, os mesmos procedimentos foram aplicados a cada um dos períodos de modo a verificar a variação em cada um para posterior comparação. A tabela 15 apresenta as médias, mediana e desvios padrão calculados para o segundo período hidrológico, bem como o intervalo de confiança a 95%.

Tabela 15 - Cálculo das Médias, Desvios Padrões, Intervalos de Confiança para Média a 95% de confiança, Percentis 2.5, 97.5 e Medianas para as diferentes estações ajustadas pela distribuição Gumbel

Posto	Média	Desvio P.	IC \bar{X} (95%)	2.5%	Mediana	97.5%
63710000	22.887	7.216	(18.563, 27.211)	12.2948	21.7014	40.3236
63165000	37.995	9.153	(32.511, 43.479)	24.5612	36.4917	60.1106
63670000	8.050	2.263	(6.694, 9.406)	4.7294	7.6787	13.5174
63810000	50.296	11.491	(43.411, 57.181)	33.4298	48.4084	78.0617
63100000	6.438	2.158	(5.145, 7.731)	3.2710	6.0839	11.6525
63160000	23.299	5.826	(19.808, 26.790)	14.7474	22.3415	37.3757
63650000	5.283	1.713	(4.257, 6.309)	2.7673	5.0009	9.4227
63180000	47.600	12.351	(40.200, 55.000)	29.4711	45.5707	77.4431

A análise de dados referentes ao terceiro período hidrológico, baseado nos resultados apresentados na tabela 16, verifica-se que a distribuição Weibull obteve melhor desempenho em relação a demais modelos aplicados.

Tabela 16 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para postos fluviométricos das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe aplicado à série de dados do 3º período hidrológico

Parâmetros	63710000	63165000	63670000	63810000	63100000	63160000	63650000	63180000	\bar{E}
Gumbel	0.8755	0.9545	0.7118	0.6460	0.4436	0.5630	0.9911	0.9673	0.7691
Gama	0.8914	0.8062	0.7775	0.6400	0.6958	0.8160	0.9977	0.9705	0.8244
Weibull	0.9850	0.4882	0.9749	0.8687	0.8693	0.8170	0.9362	0.9960	0.8669
LNnormal	0.8209	0.8762	0.7234	0.6022	0.6194	0.7343	0.9919	0.9616	0.7912

Do mesmo modo, para este período também foram calculados a média, a mediana, o desvio padrão e intervalo de confiança na tabela 17. Na análise do desvio padrão verificou-se que dentre os três períodos de dados hidrológicos, houve um considerável acréscimo no desvio do primeiro para o segundo período hidrológico, já do segundo para o terceiro houve decréscimo, na maioria dos postos analisados. Fato este que se deva naturalmente devido à variação temporal existente entre cada um dos períodos considerados.

Tabela 17 - Cálculo das Médias, Desvios Padrões, Intervalos de Confiança para Média a 95% de confiança, Percentis 2.5, 97.5 e Medianas para as diferentes estações ajustadas pela distribuição Weibull

Posto	Média	Desvio P.	IC \bar{x} (95%)	2.5%	Mediana	97.5%
63710000	18.412	4.291	(16.138, 20.686)	9.4897	18.6302	26.194
63165000	34.427	7.002	(30.716, 38.138)	19.5118	34.8979	46.8108
63670000	7.056	1.494	(6.264, 7.848)	3.8944	7.1497	9.7177
63810000	44.339	7.918	(40.143, 48.535)	27.1455	44.9777	58.0459
63100000	6.041	0.858	(5.586, 6.496)	4.1279	6.1262	7.4783
63160000	21.865	4.308	(19.582, 24.148)	12.6414	22.1696	29.4435
63650000	4.096	0.943	(3.596, 4.596)	2.1295	4.1449	5.8024
63180000	42.528	8.498	(38.024, 47.032)	24.3757	43.1161	57.5109

No campo da hidrologia, muitos eventos extremos não podem ser previstos com antecedência e tempo hábil para que se tome uma decisão concisa. Em tais casos uma abordagem probabilística é necessária, de modo que incorpore os efeitos de tais fenômenos em cada decisão. Presume-se que tais ocorrências sejam temporariamente independentes, isto é, o tempo de magnitude do evento não tem relação com eventos anteriores, então é possível usar a análise de frequência para descrever a probabilidade de um ou dois eventos, durante o intervalo de tempo necessário a uma tomada de decisão (OMM, 1994, p. 413).

5.6 Vazão mínima de referência

Em trabalho de regionalização, um dos métodos para tal procedimento é através da vazão mínima de referência, conhecida também por vazão mínima de sete dias consecutivos com um dado período de retorno. A tabela 18 apresenta a vazão mínima de 7 dias calculada para os postos fluviométricos das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe.

As séries anuais de vazões mínimas com sete dias de duração (apresentadas na tabela seguinte), medidas em nove dos postos fluviométricos estudados, foram submetidas à análise estatística (BAENA, 2004), para a identificação do modelo probabilístico que melhor se ajustava aos dados (KINAS e ANDRADE, 2010). Os modelos de distribuição de eventos mínimos ajustados foram os seguintes: Gumbel, e Weibull ajustado.

Considerando-se a existência de três períodos hidrológicos, as vazões mínimas de referência foram calculadas para cada período, atribuindo como período de retorno o número de anos com dados disponíveis no intervalo de cada período hidrológico, conforme tabela 18.

Tabela 18 - Postos fluviométricos, vazão mínima por períodos hidrológicos

Postos fluviométricos	Q ₇ min. (m ³ /s) (1948-1971)	Q ₇ min.(m ³ /s) (1972-1984)	Q ₇ min.(m ³ /s) (1985-2000)	Área (km ²)	Dens.Dren.
63710000	7,93	11,87	10,22	2.883	3,63
63100000	2,80	1,46	4,17	1.092	2,07
63160000	8,35	10,97	12,21	3.670	3,90
63650000	2,19	3,79	1,09	734	1,4
63140000		4,72	6,85	1.428	2,29
63180000		14,65	19,36	8.643	4,61
63670000		3,57		1.061	1,8
63790000		1,39	0,46	700	0,8
63810000		27,24		7.422	4,09

Verifica-se a partir da tabela 18 que nem todos os postos fluviométricos contemplam os três períodos hidrológicos que identificados na série histórica de dados que são até 1971; de 1972 a 1984 e pós 1985. Considerando-se a existência de poucos postos fluviométricos com dados disponíveis, acredita-se que uma regionalização nos moldes usuais pode não ser aplicável ao presente estudo de caso, se considerarmos a proposta de locação da rede fluviométrica proposta pela OMM (1994).

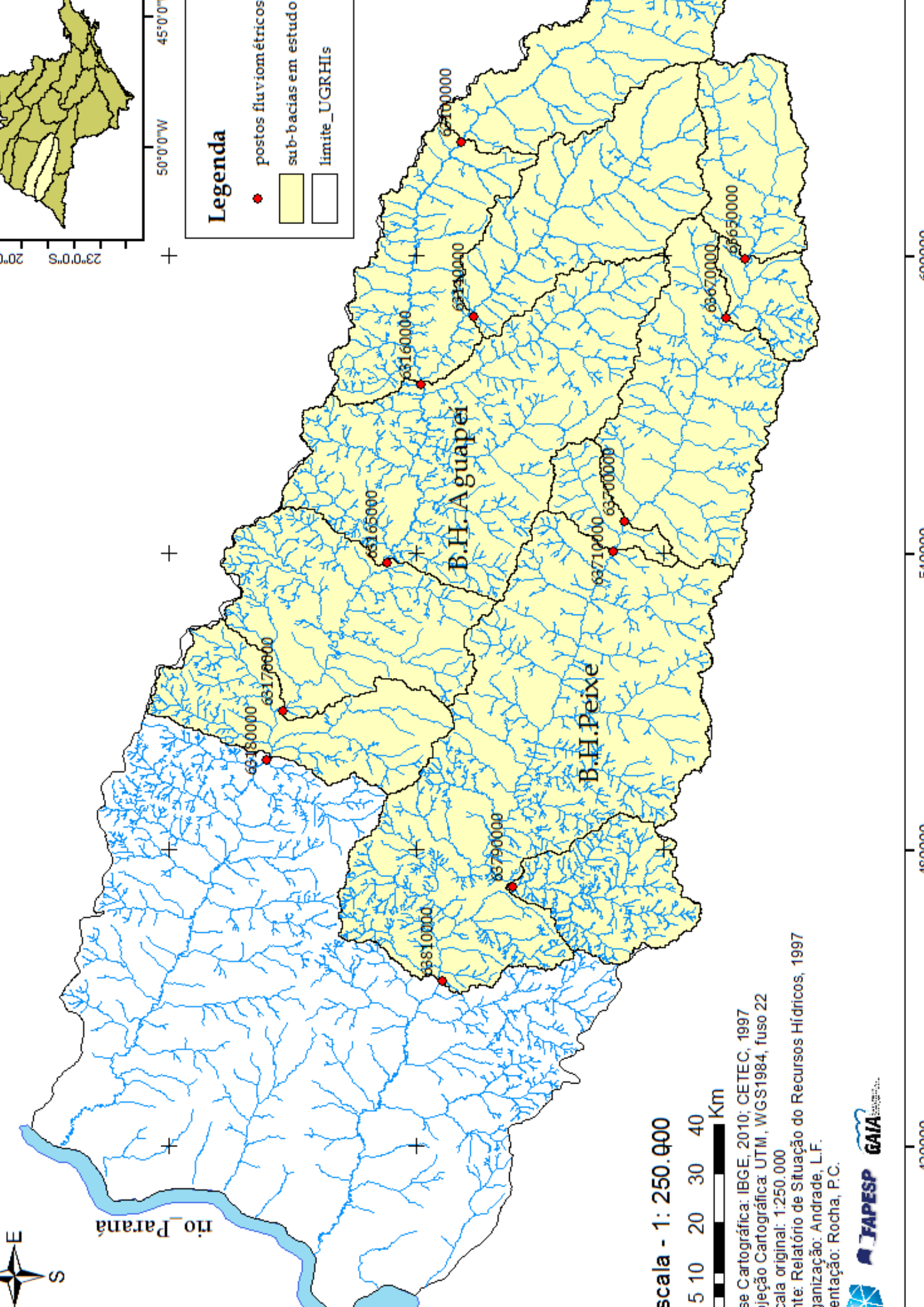
A Organização Mundial de Meteorologia (1994) propõe que para fins de gestão e acompanhamento dos recursos hídricos para áreas cuja condição fisiográfica se insira nas planícies interiores, como é o caso da área de estudo, a densidade mínima de postos fluviométricos seja de 1.875 postos por quilômetro quadrado. Nesse sentido, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), estabelece dois métodos para implementação de postos de monitoramento: um ligado estritamente aos custos e condições de instalação e operação e outro que propõe critérios para locação de postos conforme a configuração da rede de drenagem, assim alguns postos são distribuídos apenas nos cursos principais de bacias secundárias com áreas menores que 1.000 km² (GONTIJO JUNIOR e KOIDE, 2007).

Contudo, essa proposta da ANEEL visa manter a coleta de dados por período mínimo de 25 a 30 anos, após esse período não se sabe se o monitoramento prevalece

nas redes, pois o presente estudo de caso mostra que em determinado período da história houve monitoramento, e no presente tais atividades vêm acontecendo.

5.6.1 A vazão específica média das bacias do rio Aguapeí e Peixe

Conforme mencionado anteriormente, as bacias hidrográficas em estudo são compostas por uma totalidade de doze postos fluviométricos, ao quais foram utilizados na realização da presente pesquisa. Assim, a figura 33 apresenta a localização dos mesmos, bem como também a rede hidrográfica e a área de abrangência de cada posto.



rio_Parana

Legenda

- postos fluviométricos
- sub-bacias em estudo
- limite_UGRHs

45°0'0"W
50°0'0"W

23°0'0"S
20°0'0"S

Escala - 1: 250.000



Fonte Cartográfica: IBGE, 2010; CETEC, 1997
 Projeção Cartográfica: UTM, WGS1984, fuso 22
 Escala original: 1:250.000
 Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos, 1997
 Organização: Andrade, L.F.
 Apresentação: Rocha, P.C.



420000
440000
460000
480000
500000
520000
540000
560000

O cálculo da vazão específica média foi feito considerando-se cada um dos períodos hidrológicos, ou seja, foram calculados valores de vazão específica para o período de 1948 a 1971 que corresponde ao primeiro período, entre os anos de 1972 e 1984 para o segundo período e a partir de 1985 até 2002 para o terceiro período. A tabela 19 e figura 34 apresentam a vazão específica em $L s^{-1}km^2$ calculada para os postos das bacias dos rios Aguapeí.

Tabela 19- vazão específica média calculada conforme períodos hidrológicos na bacia do rio Aguapeí

Área de drenagem (km^2)	1º_per.hidrológico ($L s^{-1}/km^2$)	2º_per.hidrológico ($L s^{-1}/km^2$)	3º_per.hidrológico ($L s^{-1}/km^2$)
1092	6,57	11,64	10,59
1428	2,66*	12,55	12,69
3670	6,84	11,34	10,57
6217	6,90	11,48	10,60
7660	6,78	11,54	10,13
8643	6,36	11,04	9,59

No primeiro período hidrológico a vazão específica média apresentou uma variação média em torno de $6 L s^{-1}/km^2$ na bacias hidrográfica do rio Aguapeí. Diferente dos períodos hidrológicos seguintes que variaram em torno de $11 L s^{-1}/km^2$ e $10 L s^{-1}/km^2$ respectivamente.

Considerando-se a localização de cada posto fluviométrico na bacia, a figura 33 representa em forma gráfica a variação temporal da vazão específica média na bacia do rio Aguapeí. Assim as informações foram inseridas em ordem crescente do tamanho da área de drenagem de cada posto, ou seja, no sentido de montante para jusante.

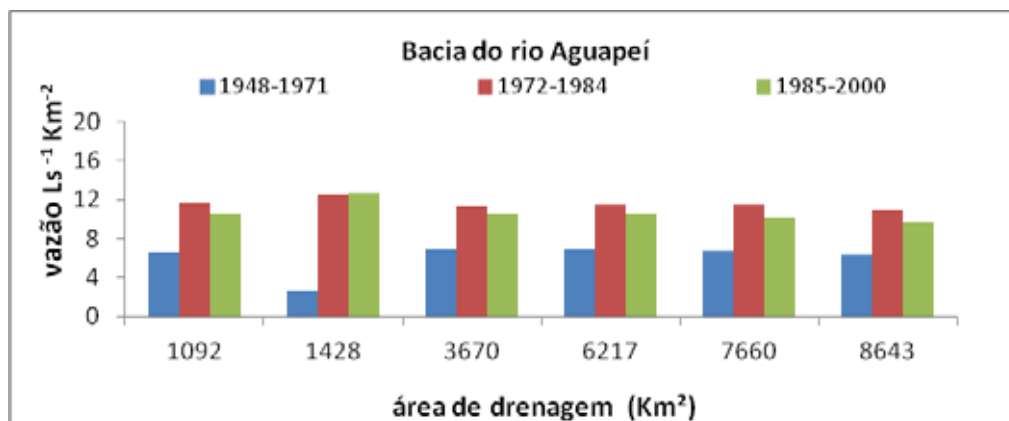


Figura 34 - Representação gráfica da variação temporal da vazão específica média

Ao observar o gráfico, verifica-se que ao menos na bacia hidrográfica do rio Aguapeí a vazão específica média não apresentou redução no sentido de cabeceira para jusante, conforme é preconizado na literatura. Há sim uma tendência de continuidade entre as informações pertinentes a cada período hidrológico. Sendo que as menores diferenças são mais facilmente perceptíveis dentre o segundo e terceiro períodos.

Nota-se os mesmos procedimentos aplicados aos dados de vazão na bacia hidrográfica do rio do Peixe, e posteriormente como esses dados são representados no espaço. Na bacia hidrográfica do rio do Peixe, os resultados se diferenciaram em pequenas proporções de um período hidrológico a outro, conforme apresentado na tabela 20.

Tabela 20 - vazão específica média calculada conforme períodos hidrológicos na bacia do rio do Peixe

Área de drenagem (km ²)	1º_per.hidrológico (L s ⁻¹ /km ⁻²)	2º_per.hidrológico (L s ⁻¹ /km ⁻²)	3º_per.hidrológico (L s ⁻¹ /km ⁻²)
700	4,33	7,67	1,97
734	8,38	13,23	12,23
1061	11,12	14,41	11,61
2650	8,12	12,08	10,66
2883	8,55	13,71	11,20
7422	8,94	13,32	10,81

Verifica-se na bacia do rio do Peixe que os postos com maiores áreas de drenagem apresentam evidentemente maiores índices de vazão específica média,

enquanto que naqueles com áreas menores, a vazão específica também é menor. Sobretudo entre um período hidrológico e outro é nítida a variação da vazão específica média, da mesma forma que a vazão média, conforme apresentado e discutido anteriormente.

Verifica-se, contudo que na maioria dos postos fluviométricos dessa bacia, a variação da vazão específica média do segundo para o terceiro período hidrológico permaneceu em nível intermediário em comparação com os dois primeiros, apenas o posto 63790000, localizado no ribeirão Mandaguari apresentou redução mais significativa.

Analisando-se as bacias hidrográficas separadamente, conforme os períodos hidrológicos. A figura 35 mostra bem como essa variação de um período a outro se dá entre os postos fluviométricos em estudo.

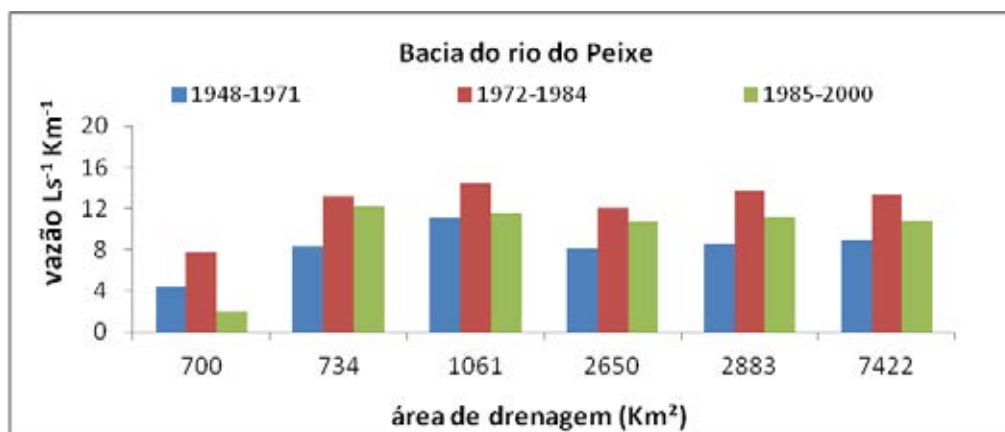


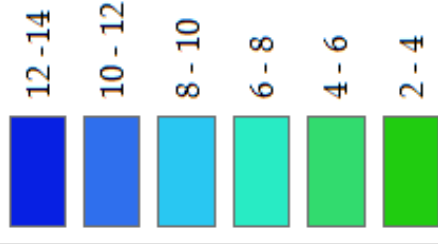
Figura 35 - Representação gráfica da variação temporal da vazão específica média na bacia do rio do Peixe

Em termos percentuais, a variação temporal da vazão específica média na bacia do Aguapeí apresentou maior variação do primeiro para o segundo período hidrológico em comparação entre o segundo e o terceiro, que variou negativamente, mas com menor diferença.

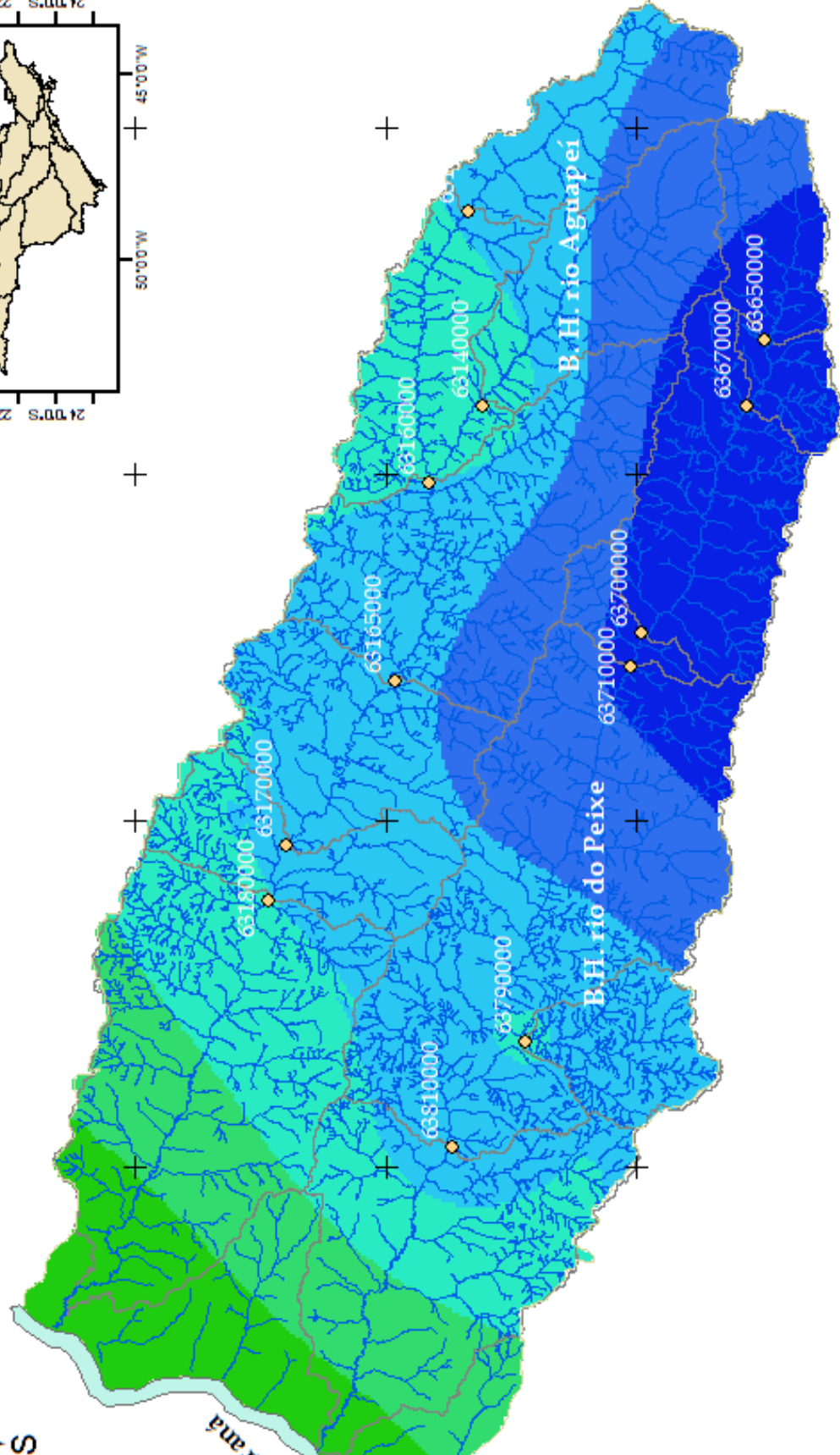
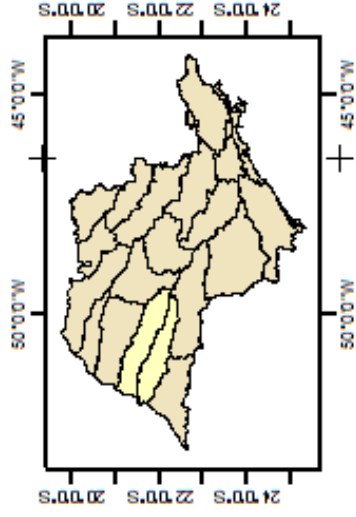
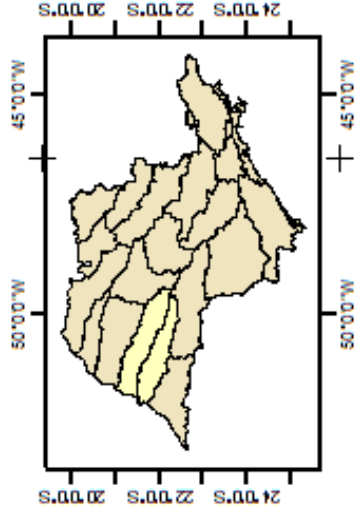
Com base na discussão acerca dos três períodos hidrológicos, é interessante também analisar espacialmente, como essas distribuições se configuram no espaço, conforme ilustrado pela figura 36, que representa os dados do primeiro período hidrológico.

Vazão específica média (L s⁻¹ km²)

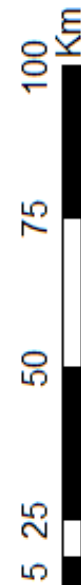
Período hidrológico (1948 - 1971)



- postos fluviométricos
- drenagem
- limite_Bacias
- limite_UGRHi



Escala - 1: 250.000



Base Cartográfica: IBGE, 2010; CETEC, 1997
Projeção Cartográfica: UTM, WGS1984, fuso 22
Escala original: 1:250.000
Fonte: ANA (2012); SIGRHI (2012)
Organização e Elaboração: Andrade, L. F.
Orientação: Paulo Cesar Rocha



Ao observar a distribuição da vazão específica média referente ao primeiro período hidrológico analisado (figura 36), verifica-se que a vazão específica média apresenta uma tendência a redução no sentido de montante para jusante, sobretudo na bacia hidrográfica do rio do Peixe, enquanto que na bacia do rio Aguapeí há maior homogeneidade dos dados, ocorrendo menor variabilidade dos dados.

Nesse período a vazão específica média varia de $2,44 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^2$ na foz da bacia hidrográfica do rio Aguapeí a $11,12 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^2$ no alto curso da bacia hidrográfica do rio do Peixe, a Q_{e_m} nas zonas de médio curso variam de $6 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^2$ a $8 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^2$.

Considerando-se a variabilidade da precipitação e os anos de ocorrência de El Nino, é possível depreender que, conforme mencionado no item correspondente a distribuição das chuvas, este foi um período índices pluviométricos mais baixos. Embora a resposta da entrada de água na bacia hidrográfica em áreas tropicais não seja imediata, verifica-se que a distribuição da vazão específica nesse período corresponde ao padrão da precipitação com menores índices na série de dados.

Em relação ao modo como a vazão específica se distribui ao longo do espaço durante o primeiro período hidrológico, nota-se pela observação da figura 36 que a maior disponibilidade de água concentra-se na porção de alto curso de ambas as bacias em estudo, o que, em outras palavras remete-se a uma zona de alto curso, caracterizada pela maior disponibilidade de recursos hídricos no período correspondente aos anos de 1948 a 1971.

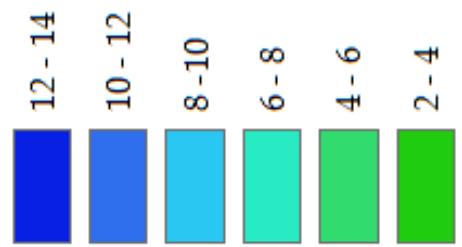
Enquanto que as menores disponibilidades podem ser observadas nas áreas de baixo curso, podendo ser, da mesma forma, denominada zona de baixo curso de ambas as bacias hidrográficas, conforme também observado na distribuição da precipitação onde, predominantemente há uma divisão entre zona de alto e de baixo curso, caracterizada respectivamente pelas estações cuja zona mais chuvosa e outras cujas áreas são mais secas. Ainda que haja pequenas variações na disponibilidade entre uma bacia hidrográfica e outra.

Com relação ao período subsequente, 1972 -1984, nota-se pela figura 37 que a disponibilidade de vazão aumentou abruptamente o longo da zona de alto curso, conforme apresentado pelos gráficos da análise dos períodos hidrológicos das bacias hidrográficas do peixe e aguapeí independentemente.

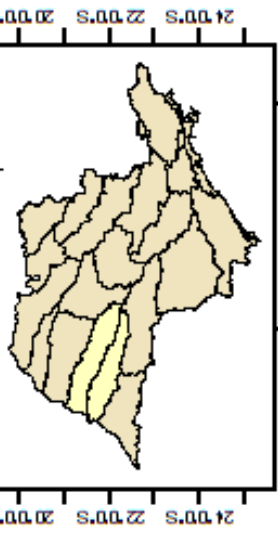
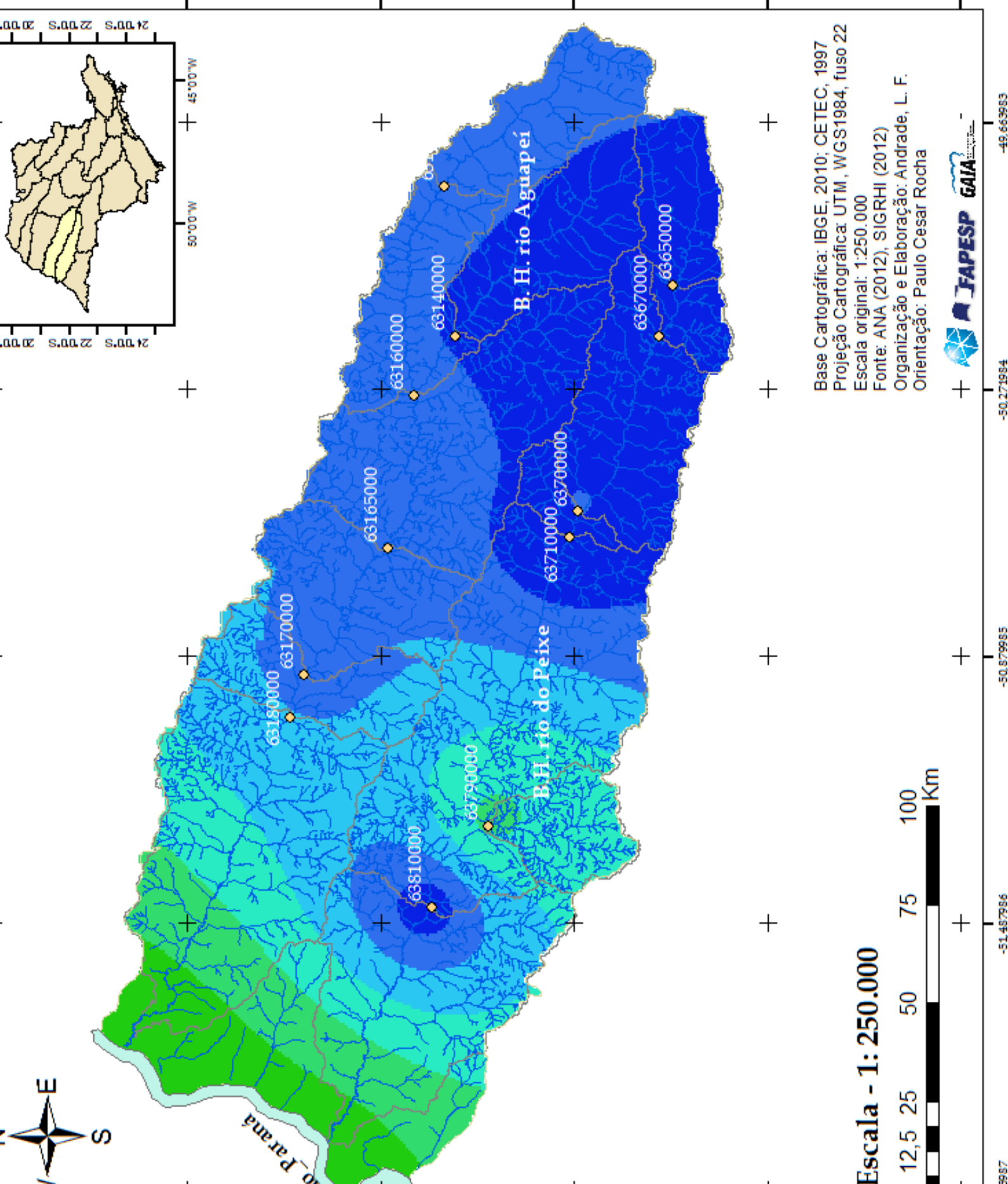
média (L s⁻¹ km²)

Período hidrológico

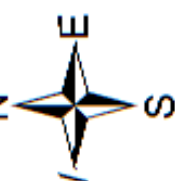
(1972 - 1984)



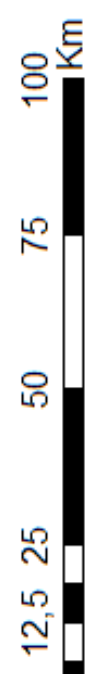
- ♦ postos fluviais
- drenagem
- limite_Bacias
- limite_UGRH



24°00'S 20°00'W 50°00'W 24°00'S 20°00'W



Escala - 1: 250.000



Base Cartográfica: IBGE, 2010; CETEC, 1997
 Projeção Cartográfica: UTM, WGS1984, fuso 22
 Escala original: 1:250.000
 Fonte: ANA (2012), SIGRHI (2012)
 Organização e Elaboração: Andrade, L. F.
 Orientação: Paulo Cesar Rocha



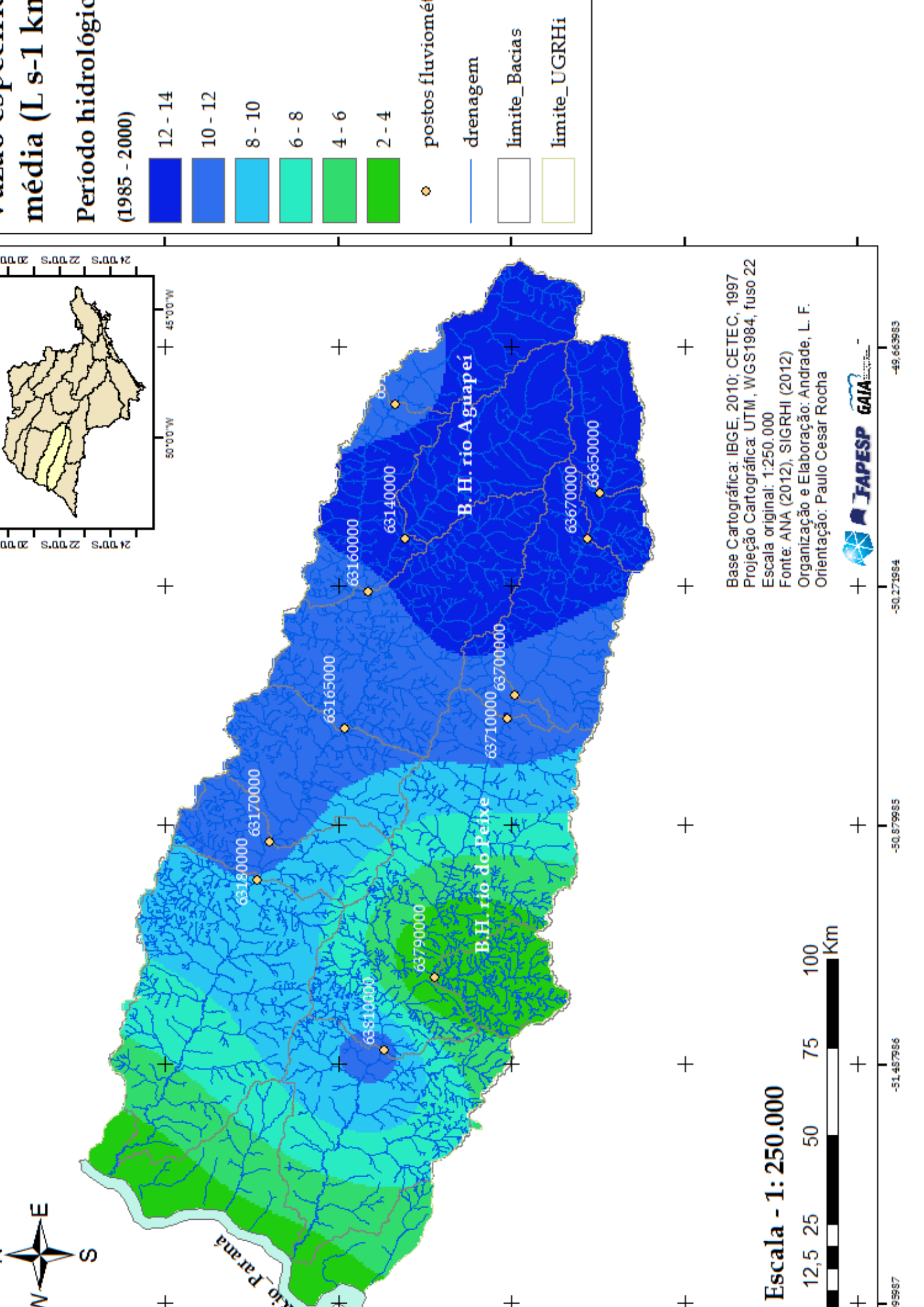
Nesse período há maior homogeneidade na distribuição da vazão específica média entre as duas bacias hidrográficas. Ou seja, observando-se o padrão da distribuição de montante para jusante, verifica-se que ambas apresentam um padrão de continuidade. Os mesmos índices de Q_{em} comparecem nas proximidades da foz de ambas, com pequenas diferenças que, no posto 63790000, na margem esquerda do rio do Peixe, esse período apresenta menor vazão específica média.

Comparando-se as duas bacias hidrográficas nesse segundo período hidrológico, verifica-se que na bacia hidrográfica do rio do Peixe há maior variabilidade entre as zonas de alto curso e baixo curso, oscilando entre $7,76 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^2$ e $14,41 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^2$ considerando-se também a sub-bacia do Ribeirão Mandaguari, localizada na margem direita do rio do peixe e que, admitindo-a como uma zona de alto curso, pois trata-se de uma área relativamente pequena.

Enquanto que na bacia hidrográfica do rio Aguapeí há menor variação na distribuição da vazão específica média, oscilando em torno de $11 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^2$. Tais diferenças no padrão de distribuição da Q_{em} devem-se a baixa variação na distribuição da precipitação. Em termos comparativos entre ambas as bacias hidrográficas em estudo, acredita-se que um fator que poderia explicar tais variações, com maior ou menor intensidade entre uma bacia e outra, pode ser os tipos de uso dos recursos hídricos.

Já no terceiro período hidrológico, que compreende os anos de 1984 a 2000, de um modo geral houve pequeno recuo da vazão média, o que refletiu diretamente na distribuição da vazão específica média. Observa-se que na zona do baixo curso do rio do Peixe, sobretudo nas proximidades do município de Flora Rica, há registros de mais altos índices da Q_{em} , em relação ao posto do ribeirão Mandaguari, tal fenômeno se deva provavelmente à dimensão da área de influência, a sub-bacia do rio Mandaguari além de se localizar em uma área de montante, não havendo postos em zonais mais elevadas é o posto com a menor área de influência nessa bacia.

O terceiro período hidrológico (1985-2000) não foi muito diferente daquele diretamente anterior, embora os índices médios tenham sido menores, conforme figura 38.



A distribuição da Q_{e_m} no terceiro período hidrológico (1985-2000) segue o mesmo padrão do período anterior. No entanto, com variabilidade no decorrer da zona alto curso até a zona de baixo curso. Conforme pode ser observado na figura 38, nesse período a vazão específica sofreu um decréscimo. Em linhas gerais, pode-se dizer em termos de magnitude, que o terceiro período hidrológico é intermediário aos anteriores.

As zonas de alto curso em ambas as bacias hidrográficas apresentam maiores vazões específicas, ao passo que as menores vazões específicas aparecem mais próximas a jusante, embora haja pequena diferença na distribuição entre uma bacia hidrográfica e outra. Na bacia do rio do Peixe, há maior variabilidade em comparação com a bacia do Aguapeí, pois ambas apresentam oscilação entre $1,97 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^2$ e $12,23 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^2$ e $9,59 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^2$ e $12,69 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^2$ respectivamente.

Em síntese, ao analisar os três mapas de distribuição da vazão específica média, é possível apontar para a existência de três áreas que podem ser caracterizadas como zonas hidrológicas, pois conforme apontado por Azevedo *et al.*, (2006), a vazão também pode ser influenciada pelos fenômenos tais como El Nino e La Nina, assim como os índices de precipitação. Essas zonas, conforme mencionado ao longo do texto, podem ser denominadas zonas de alto médio e baixo curso de cada uma das bacias hidrográficas em estudo. Nota-se pelos mapas que ao longo do tempo, as zonas de maior e menor índices de vazão específica média tiveram ligeira variação no espaço, em outras palavras, ora os postos localizados na montante registraram maior Q_{e_m} do que em outros períodos, assim ocorreu também com os postos localizados no meio curso de cada bacia hidrográfica e também na zona de jusante.

Considerando-se que zonas hidrológicas não sejam pontos fixos no espaço, conforme certificado pela presente análise, conclui-se que há variabilidade tanto espacial como temporal na distribuição da vazão específica. Tal variabilidade se deve a fatores como a oscilação nos padrões de distribuição da precipitação ao longo do espaço e do tempo, assim também deve-se aos tipos de uso e exploração da terra, que se alternam em um período de aproximadamente dez anos.

5.7 Integração dos dados fisiográficos

Considerando-se os períodos hidrológicos analisados na série histórica de dados, algumas correlações foram efetuadas buscando identificar correspondências entre os dados analisados para cada período, conforme apresentado na tabela 21.

Tabela 21 - Correlação dos dados correspondentes ao primeiro período hidrológico

	area	dens.dren.	elevação	comp_canal	declividade	prof_talv.	Qmlp_1per	Pm_1p
area	1,00	0,97	-0,67	0,99	-0,77	0,56	0,97	-0,47
dens.dren.		1,00	-0,60	0,98	-0,77	0,42	0,95	-0,47
elevação			1,00	-0,66	0,86	-0,33	-0,53	0,47
comp_canal				1,00	-0,76	0,48	0,98	-0,48
declividade					1,00	-0,36	-0,65	0,36
prof_talvegue						1,00	0,50	-0,07
Qmlp_1per							1,00	-0,38
Pm_1p								1,00

Analisando-se a correlação dos dados fisiográficos apresentados na tabela 21, é possível inferir que entre as variáveis área e comprimento do curso principal; área e densidade de drenagem; densidade de drenagem e comprimento do canal os coeficientes de correlação (R) variaram entre 0,97 e 0,98 respectivamente, sendo significativamente altos. Já entre as demais variáveis como: densidade de drenagem e profundidade do talvegue (R=0,42); profundidade do talvegue e elevação do terreno (R=-0,33); comprimento do canal e profundidade do talvegue (R= 0,48), os coeficientes de correlação não foram tão expressivos, embora seja necessário reconhecer que essa área não é muito elevada, tendo altimetrias do terreno variando entre os 240 metros (foz) e 670 metros (nascente do rio Aguapeí), no município de Garça.

Em relação aos dados hidrometeorológicos, percebe-se nessa correlação que não há resposta expressiva, uma vez que os coeficientes de correlação são relativamente baixos. Assim, aqueles mais significativos foram obtidos entre a elevação do terreno e a precipitação (R=0,47) e entre comprimento do canal e vazão média, (R= 0,98).

Ao analisar os coeficientes de correlação da vazão média com as demais variáveis físicas no primeiro período hidrológico que corresponde aos anos de 1948 a 1971, verifica-se que foram os testes cuja correlação única verdadeiramente satisfatória, pois

denota a correspondência da vazão média naquele período com as características do meio físico.

Desse modo, é possível inferir que as características do meio físico, por se tratarem de variáveis não dependentes não apresentam variações entre si entre um período hidrológico e outro. Essa variação é notável apenas quando considerados os dados hidrológicos de vazão específica e precipitação média medidos em cada período hidrológico, conforme apresentado na tabela 22, correspondente aos dados hidrológicos no segundo período hidrológico (1972-1984):

Tabela 22 - Coeficientes de Correlação dos dados hidrológicos e precipitação média correspondente ao 2º período hidrológico com os parâmetros físicos das sub-bacias

	Qmlp_2per	Pm_2p
area	0,99	0,28
dens.dren.	0,97	0,34
elevação	-0,58	-0,13
comp_canal	0,99	0,23
declividade	-0,70	-0,40
prof_talvegue	0,51	0,43
Qmlp_2per	1,00	0,21
Pm_2p		1,00

A partir da correlação dos parâmetros físicos das sub-bacias dos rios Aguapeí e Peixe com os dados hidrológicos e precipitação média medidos no segundo período hidrológico (1972-1984), nota-se que a vazão média de longo prazo apresenta uma correlação bastante significativa com os parâmetros físicos das bacias hidrográficas. Sendo da ordem de $R=0,99$ com área de abrangência das bacias, $0,97$ com a densidade de drenagem, apenas com a elevação não houve correlação satisfatória, sendo esta na ordem $R=0,51$.

Em relação aos dados pluviométricos, parece não haver relação satisfatória com as variáveis fisiográficas, apenas com os dados da vazão média de longo prazo, que apresentou $R=0,21$. Já num terceiro momento, verifica-se que apenas a vazão média de longo período apresenta maiores coeficientes de correlação, conforme apresentado na tabela 23.

Tabela 23 - Coeficientes de Correlação dos dados hidrológicos e precipitação média correspondente ao 3º período hidrológico com os parâmetros físicos das sub-bacias

	Qmlp_3per	Pm_3p
area	0,99	0,07
dens.dren.	0,97	0,13
elevação	-0,57	0,16
comp_canal	0,98	0,12
declividade	-0,70	0,12
prof_talvegue	0,51	-0,20
Qmlp_1per	1,00	0,12
Pm_1p		1,00

Considerando-se que os dados hidrológicos não são estáticos e apresentem variabilidade ao longo tempo, a correlação da vazão média no terceiro período hidrológico foi a variável cuja correlação foi aquela mais satisfatória, pois o coeficiente de correlação este mais elevando, sobretudo em relação às variáveis área, densidade de drenagem, comprimento do canal e declividade do terreno, sendo $R=0,99$, $R=0,97$, $R=0,98$ e $R=-0,70$ respectivamente.

Estatisticamente, verifica-se de um modo geral que a correlação das variáveis do meio físico com a precipitação média considerada para tal período não apresentou coeficiente de correlação alto, permanecendo entre os três períodos hidrológicos analisados os mais baixos da série histórica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho surgiu a partir da hipótese da existência de pelo menos três períodos hidrológicos ao longo da série histórica de dados nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, que denotam a variabilidade da magnitude de fluxo nos cursos fluviais das bacias em estudo. Considerando-se que essas bacias estão localizadas em áreas cujas características do meio físico sejam bastante semelhantes do ponto de vista da análise geográfica. Tomou-se como objetivo elaborar o zoneamento hidrológico baseado nos pressupostos teórico-metodológicos da regionalização de vazão.

Assim, dentre as justificativas para este trabalho destaca-se as tomadas de decisões por parte dos Comitês de Bacias Hidrográficas (UGRHs 20 e 21) em implementar políticas de cobrança pelo uso dos recursos hídricos na área, e intensificar as concessões de outorgas de uso. Contudo, em estudos anteriores, verificou-se que nos processos de outorga não são consideradas as variações espaço-temporais dos recursos hídricos, a partir do qual emergiu a inquietação que deu sentido a esta pesquisa.

A idéia inicial era a realização de uma regionalização, no entanto, a escassez de informações necessárias para tais procedimentos acarretou, no decorrer da pesquisa em um redirecionamento dos resultados, alguns procedimentos foram ajustados à medida que, com a quantidade de postos fluviométricos com dados disponíveis não seria possível a regionalização, sucedendo ao zoneamento que é uma análise integrada do ponto de vista geográfico, considerando todo o conjunto de variáveis que caracterizam a área de estudo.

Ressalta-se que nesta pesquisa foram identificados três períodos hidrológicos, contudo, a possibilidade de existir maiores variações nos dados, ou seja, mais períodos hidrológicos, não pode ser descartada, pois não há informações hidrológicas do período atual disponíveis que demonstrem como o regime hidrológico tem se mostrado nos últimos anos.

No que tange variabilidade espacial, verifica-se que há variação tanto de precipitação como da vazão entre as zonas de baixo e de alto curso de ambas as bacias hidrográficas. A análise de componentes principais mostrou como a precipitação decresce de montante para jusante, isso ocorre nos dois períodos analisados a partir dos

dados de precipitação. As análises sazonais também apontam para significativas variações da precipitação na série de dados.

Espera-se que tal estudo possa colaborar com o planejamento e gestão dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas analisadas ao menos no sentido de provar a existência da variabilidade tanto do ponto de vista espacial como temporal.

Assim, da análise dos dados hidrológicos de vazão específica média, verificou-se que o primeiro período hidrológico se diferencia muito dos dois seguintes. Essa distinção é devida à baixa magnitude da vazão específica média nesse período. Já o segundo período se destacou por apresentar as mais altas magnitudes da vazão específica média da série histórica. No terceiro período hidrológico, houve uma regressão e magnitude pouco expressiva, a vazão específica média se manteve em um nível considerado mediando entre o primeiro e o segundo período.

Nos três períodos hidrológicos verificou-se uma forte tendência de redução da vazão específica média no sentido de montante para jusante, conforme preconizado por Tucci (2002). Trata-se de uma pesquisa cujos resultados, ao menos em parte possibilitaram confirmar o que a metodologia propõe. No entanto, é interessante destacar que a vazão específica na zona de jusante foi obtida através aplicação de metodologias para estimativa, pois nessa área não há postos de medição.

Dentre os períodos hidrológicos analisados o mesmo regime foi identificado nas análises da vazão mínima com determinado tempo de retorno ($Q_{7,p}$), com a diferença que esta é menor do que a Q_{e_m} em termos de magnitude.

A $Q_{7,p}$, (vazão mínima de referência com determinado tempo de retorno), assim como as demais variáveis hidrológicas também apresentaram oscilações conforme os períodos analisados e as áreas de localização de cada posto fluviométrico. Embora trate-se de uma medida obtida para fins de concessão de outorga, é importante apresentar essa variável nesta análise pelo fato de ser uma informação do ponto de vista da variabilidade espaço-temporal.

Verifica-se que os resultados do zoneamento hidrológico possibilitaram observar a existência predominante de uma zona de alto curso e outra de baixo curso em ambas as bacias hidrográficas, e que, conforme o período analisado, há maior ou menor disponibilidade no escoamento superficial, mostrando que o mesmo varia no tempo e no espaço. Desse modo, é possível depreender que as zonas hidrológicas não podem ser

consideradas pontos fixos no espaço e nem no tempo, pois, conforme o passar do tempo, algumas alterações, como o próprio tipo de uso da terra, pode condicionar a maior ou menor disponibilidade no escoamento.

Com relação à disponibilidade de dados nessa área, na bacia hidrográfica do rio Aguapeí a série de dados tem início em meados da década de 1940, contudo, nessa década apenas um posto efetuava a coleta de dados na porção de alto-médio curso da bacia, no município de Luiziania e os demais começaram operar nas décadas seguintes. Fato é que os demais postos iniciaram suas operações entre final década de 1960 e início da década seguinte, mas mantiveram-se em atividade até a segunda metade da década de 1990 e apenas um desses possui dados coletados até o início dos anos 2000 (63160000).

Na bacia hidrográfica do rio do Peixe, o cenário não é muito diferente, o monitoramento da vazão teve início também na década de 1940 em apenas um posto, localizado no município de Tupã (63700000), e os demais na década de 1960. No entanto, dois desses postos mantiveram-se em operação pelo curto período de 1970 a 1977, trata-se dos postos (63670000 e 63810000). Dois postos mantiveram-se em operação até o ano de 2003.

Uma das dificuldades encontradas no desenvolvimento da presente pesquisa foi devida à baixa densidade de postos fluviométricos com dados disponíveis. Nos registros de órgãos públicos como a Agência Nacional de Águas e o Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo há informações referentes a uma significativa rede hidrometeorológica, no entanto, nem todos os postos possuem dados disponíveis.

Em contato com a Agência Nacional de Águas, parte das informações hidrológicas ainda não digitalizadas pode ter se perdido em meio aos processos de trocas de administradoras e/ ou transição de gestão. Por outro lado, em contato com o Departamento responsável pelos serviços de monitoramento dos recursos hídricos no estado de São Paulo, os mesmos informam que o número de postos existentes é suficiente para manter o monitoramento.

A grande questão é: Como taxar o uso de um recurso ou mesmo intensificar as concessões, considerando-se os diversos usos sobre um recurso do qual já não há grande precisão quanto ao seu volume, já que não há monitoramento no período atual?

Supondo-se ainda que haja um tempo de retenção da água da chuva pelo solo que, nesta área é considerado espesso, conforme discutido na seção referente à caracterização.

Cruz (2001) afirma que a outorga tem por finalidade garantir disponibilidade hídrica para uso coletivo e individual, como insumo básico do processo produtivo, desde que haja um saldo mínimo suficiente para atender às necessidades ambientais. Com base na idéia defendida pela autora, acredita-se que para prevalecer tais ações, há ainda ampla necessidade de se efetivar o monitoramento da rede hidrometeorológica nessa área.

Pois embora essas ações tenham se figurado como satisfatórias em outras regiões como é o caso da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, entre tantas outras bacias, é necessário que haja monitoramento efetivo da rede hidrometeorológica.

Esta pesquisa mostrou que as regiões hidrológicas não são determinadas por pontos fixos no espaço, mas sim de acordo com as condições climáticas e períodos sazonais e muito provavelmente pelo tipo de uso e exploração da terra. Portanto, acredita-se, que uma análise integrada do meio físico com as variações hidrológicas ao longo do tempo seria uma alternativa determinante a fim de evitar eventuais problemas ligados à subestimação ou sobre-estimação dos recursos.

Por fim, salienta-se que esta pesquisa ainda pode ter suas investigações estendidas, tais como a correlação entre dados de precipitação e a saída do fluxo na bacia hidrográfica, que neste trabalho representou um hiato. Conforme discutido em uma subseção deste trabalho. Os coeficientes de determinação entre essas duas variáveis não foram satisfatórios do ponto de vista da estatística, conforme a aplicação de procedimentos convencionais. Considerando-se uma continuidade do projeto, surge a perspectiva de investigações que incluam análises de modelagem hidrológica, agregando a estas, parâmetros geológicos e características de solo, a partir das quais acredita-se que seja possível identificar variáveis podem estar produzindo tal lacuna.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. M. **Regionalização de vazões médias de longo período e de volumes de reservatórios de regularização**. 2010. 209 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro tecnológico.

ANDRADE, L. F. **Estudo da vazão específica nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe como subsídio à gestão dos recursos hídricos**. 2011. 56f. (Monografia) UNESP Presidente Prudente.

ANDRADE, L. F., ROCHA, P. C. Variabilidade sazonal e interanual das vazões nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe no Oeste do estado de São Paulo. In: **XIX Jornada de jóvenes investigadores**. Ciudad del Este, 2011, p. 62-74.

ANDRIUCCI, L. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FERREIRA, M. E. M. C. Análise da variabilidade e tendência das chuvas e a descrição da produção agrícola na Bacia do rio Pirapó – PR. In: **Boletim de Geografia**, v.20, n.2, 2002. p.14-57.

ARAUJO, A. P. **Dinâmica fluvial e regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio Paranapanema**. Dissertação (Mestrado em Geografia). 2011. 166f. Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista.

AZEVEDO, L. C.; ANDRADE, A. R.; SOUSA, P. A influência do fenômeno El Nino na vazão da Bacia do rio Iguaçu-PR. In: **Perspectiva Geográfica**. n. 2, 2006, p. 51-56.

BAENA, L. G. N. SILVA, D. D. PRUSKI, F. F. CALIJURI, M. L. E. Regionalização de vazões com base em modelo digital de elevação para a bacia do rio Paraíba do Sul. In: **Rev. Engenharia Agrícola**. v.24 n. 3, Jaboticabal, 2004.

BECKER, C.T.; MELO, M. M. M. S.; COSTA, M. N. M.; RIBEIRO, R. E. P. Caracterização Climática das Regiões Pluviometricamente Homogêneas do Estado da Paraíba. In: **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.01, 2011, p. 286-299.

BITTENCOURT, M. M.; AMADIO, S. A. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. In: **Rev. Acta** v. 37 n.2, p.303 – 2007.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000. 300f. Tese de Doutorado – UNESP – IGCE, Rio Claro.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. / Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília : MMA; ANA, 2007.

_____. Agência Nacional de Águas (ANA). Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos. Org.: Carlos E. M. Tucci. **Fórum Brasileiro de mudanças climáticas**. Disponível em <http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/6/23336/InBr02902.pdf> Acessado em 12 de ago de 2012.

_____. Agência Nacional de Águas (ANA). Disponível em: <www.ana.gov.br> acesso em: 22 de maio de 2013.

BUSSAB, W. O. **Estatística básica**. 4. ed. -São Paulo: Atual, 1987

CARVALHO, W. A. (coord.) Levantamento Semidetalhado dos solos da Bacia do rio Santo Anastácio – SP. **Boletim científico** v. 1, n 2. Faculdade de Ciências e Tecnologia/Unesp, Presidente Prudente, 1997.

CHARLTON. R. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology**. London: New York: Routledge, 2007.

CHAVES, H. M. L.; ROSA, J. W. C.; VADAS, R. G.; OLIVEIRA, R. V. T. Regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistemas de informação geográfica. **RBRH** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 3, 2002. p. 43-51.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher. Ed. Usp. 1974. p. 81-85, Il.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial: O canal fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981, v1. p.77-82

CLARKE, R. T.; TUCCI, C. E.; COLLISCHONN, W.; Variabilidade temporal no regime hidrológico da bacia do rio Paraguai. **RBRH** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 8 n. 1 jan-mar 2003. p. 201-211.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2001. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: _____ **Geomorfologia e meio ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p 337- 379

DESTEFANI, E. V. **Regime hidrológico do Rio Ivaí – PR**. 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) ciências humanas, letras e artes Programa de pós-graduação em geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Bertrand Brasil. 3ª. ed. Rio de Janeiro. 1994.

EUCLYDES, P. H.; FERREIRA, P. A.; RUBERT, A. V.; SANTOS, R. M. Regionalização hidrológica na bacia do alto São Francisco a montante da barragem Três Marias, Minas Gerais. In: **RBRH** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v 6. n2. p 81-105, 2001.

FIGLIOLI, A. P.; OLIVEIRA, L. F. C.; FRANCO, A. P. B. Evaluation of regionalization flows models performance at Santa Bárbara River Basin, Goiás, Brazil. In: **Revista Água e ambiente**. v3, n2, 2008, p 62-76.

FRANCISCO, C. F. **Análise ambiental e conseqüências do desmatamento no município de Presidente Prudente no período de 1917 a 1986**. 1989. 242 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

GONTIJO JUNIOR, W. D.; KOIDE, S. Análise das metodologias para avaliação e dimensionamento de redes fluviométricas. In: **RBRH**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. v 12. n 5, 2007.

HANNAH, D. M.; BOWER, D.; MCGREGOR, G. R.; Associations between Western European air-masses and river flow regimes. In: **Climate Variability and Change—Hydrological Impacts**. Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba, IAHS Publ. 308, 2006

IEMMA, A. F. **Estatística descritiva**. Piracicaba, 1992.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geológico do Estado de São Paulo: 1:500.000**. São Paulo: IPT, vol. I, 1981, p. 46-8; 69 (Publicação IPT 1184).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geomorfológico** do Estado de São Paulo: 1:1.000.000. São Paulo: IPT, vol. II, 1981, p. 6; 7; 21; 70-2; (Publicação IPT 1183).

JACOMINE, P. K. T. A nova classificação brasileira de solos. In: **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, vols. 5, p.161-1796. Recife, 2008-2009.

JOLLIFFE, I. T. **Principal Component Analysis**. 2nd ed. New York: Springer-Verlag. 2002.

KINAS, P. G.; ANDRADE, H. A. **Introdução à análise Bayesiana (com R)**. Ed. maisQnada, Porto Alegre, 2010.

KINGSTON, D. G.; LAWLER, D. M.; MACGREGOR, G. R.; Linkages between atmospheric circulation, climate and streamflow in the northern North Atlantic: research prospects. In: **Progress in Physical Geography**, v.2 n. 30, p. 143-174, 2006.

KOLMOGOROV, A. S. **Determinazione Empirica di Una Legge di Distribuzione**. G. Inst. Attuari. 4: 83, 1933.

LEAL, A. C. **Gestão das águas no Pontal do Paranapanema**, 2000. 279f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

LEME, E. J. Hidrologia estatística da vazão mínima do rio jaguari Mirim. In: **Rev. Ecosistema**. v. 27, n 1,2. jan-dez de 2002. p. 127 -136.

LEMOS, A. F. **Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para a Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, a montante do**

reservatório de três Marias. 2006. 157f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. **Fluvial processes in geomorphology.** Freedman, San Francisco, 1964.

LILLIEFORS, H.W. On the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality with Mean and Variance Unknown. **Journal of the American Statistical Association.** n. 62. June., 1967. p 399-402.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; SILVA, F. A. M.; SANO, E. E. Variabilidade espaço-temporal da vazão específica média no Estado de Goiás. In: Simpósio Internacional de Savanas Tropicais. II, 2008, Brasília: **Anais...** 2008, p 1-6.

LIMPERT, E.; STAHEL, W. A.; MARKUS, A. B. B. T. Log-normal Distributions across the ciences: Keys and Clues. In: **BioScience**, v. 51 n. 5. 2001.

MACDONALD, N. PHILLIPS I.D. Reconstructed annual precipitation series for Scotland (1861–1991). In: **Spatial and temporal variations and links to the atmospheric circulation.** *Scot Geographical Journal*, 2006. p. 1–18

_____, N., PHILLIPS I.D & THORPE, J. Reconstruction of long-term precipitation records for Edinburgh: an examination of the mechanisms responsible for temporal variability in precipitation. In: **Theor. Appl. Climatol.** 2008, pp. 141–154.

_____, N.; PHILLIPS, I. D.; MAYLE, G.; Spatial and temporal variability of flood seasonality in Wales. In: **Hydrological processes**, 24, 2010. p.1806-1820.

MAGALHÃES, M. N.; LIMA, A. C. P. **Noções de Probabilidade e Estatística.** EDUSP, 6. ed. Rev., 2005.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. In: **Estudos avançados.** v 22, n.63, 2008. p.83-96.

MARQUES, F. A. **Sistema multi-usuário de gestão de recursos hídricos.** 112f. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), UFV, Viçosa-MG.

MELLER, A.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Sensibilidade do regime hidrológico de Bacias hidrográficas à variabilidade da precipitação. In: **RBRH** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.5, 2005, p.13-34.

MENARDI JUNIOR, A. **Regime e ritmo das chuvas na Bacia do Rio Piracicaba: Variações e impactos**. 2000. 291f. Tese de doutorado (Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas), Rio Claro, São Paulo.

MONBEIG, P. **Pioneiros e Fazendeiros de São Paulo**. 2ª Edição. Tradução de Ary França e Raul de Andrade e Silva. São Paulo: Hucitec & Polis. 1998.

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: Princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001.

MOREIA, M. C. **Gestão de Recursos Hídricos: Sistema integrado para otimização da outorga de uso da água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). 2006. 107f. Voçosa, Minas Gerais.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007.

NOVAES, L. F.; PRUSKI, F. F.; QUEIROZ, D. O.; RODRIGUES, R. G.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Avaliação do Desempenho de Cinco Metodologias de Regionalização de Vazões. In: **RBRH** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 12 n. 2. 2007. p. 51-61.

OBREGON, E.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. Regionalização de vazões com base em séries estendidas: Bacias afluentes à Lagoa Mirim, RS. In: **RBRH** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 4 n.1. 1999. p 57-71.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE METEOROLOGIA. **Guía de prácticas hidrológicas - Aquisición y procesos de datos, análisis, predicción y otras aplicaciones**. World Meteorological Organization. 5º ed. n. 168. p. 35-56. 1994.

POFF, H.L.; ALLAN, D.; BAIN, M.B.; KARR, J.R.; PRESTEGAARD, K.L.; RICHTER, B.D.; SPARKS, R.E.; STROMBERG, J. C. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. In: **Bioscience**, v. 47, n. 11. 1997. p. 769-784.

REYNARD, N. S.; PRUDHOMME, C.; CROOKS, S. M.; The flood characteristics of large U.K. rivers: Potential effects of changing climate and land use. In: **Climate change**, n 48, 2001. p 343-349.

RIBEIRO, C. B. M.; MARQUES, F. A.; SILVA, D. D. Estimativa e regionalização de vazões mínimas de referência para a bacia do rio Doce. In: **Engenharia da Agricultura**. v.13, n 2. Viçosa, 2005. p.102-117.

RICHTER, B. D.; BAUMGARTNER, J. V.; WIGINGTON, R.; BRAUN, D. P. How Much Water Does a River Need. In: **Freshwater Biology**. n. 37. 1997. p 231-249.

ROCHA, P. C.; SANTOS, M. L.; SOUZA FILHO, E. E. Alterações no regime hidrológico do alto rio paraná como resposta Ao controle de descargas efetuado por grandes barramentos a Montante. In: **VIII Encuentro de Geógrafos de América Latina**, Santiago-Chile,mar/2001. p. 28-39.

_____, P. **Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do alto rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR**. 2002. 171 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

_____, P. C.; O regime de fluxo dos Rios Aguapeí e Peixe, Bacia do alto Paraná/Brasil: alterações e formas de impacto. In: XII ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 12, 2009, Montevideo: **Anais XII Encuentro de Geógrafos de América Latina**: Universidad de la República, 2009. p. 1-12.

_____, P. C. Indicadores de Alteração Hidrológica no Alto Rio Paraná: Intervenções Humanas e Implicações na Dinâmica do Ambiente Fluvial. **Rev Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n.1. abr. 2010, p.205-225.

ROCHA, P. C.; TOMMASELLI, J. T. G. Variabilidade hidrológica nas bacias dos rios aguapeí e peixe, região Oeste Paulista. **Rev Brasileira de Climatologia**. n 8, vol 10, 2012. p. 69-84.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. In: **Revista do departamento de geografia da Usp**. São Paulo, v.8, 1994.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. In: **Revista do Departamento de Geografia da Usp**, São Paulo, n.10. 1996. p.41-56.

SANT'ANNA NETO, J. L. 1995. **As chuvas no Estado de São Paulo: Contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. 252f. São Paulo, Tese (Doutorado), FFLCH, USP.

SÃO PAULO. Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe. **Relatório de Situação dos recursos hídricos 2013**. Marília, 2013.

SILVA, D. D.; MARQUES, F. A.; LEMOS, A. F. Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para a bacia do rio São Francisco. In: **REVENG**. v.17, n5, 2009, p 392-403.

SILVA, M. E. S.; SILVA, C. B. Variabilidade Climática – processos físicos e dinâmicos nos oceanos e atmosfera. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. Especial 30 anos (2012), p. 372-406.

SILVA JÚNIOR, O. B.; BUENO, E. O.; TUCCI, C. E. M.; CASTRO, M. N. R. Extrapolação Espacial na Regionalização da Vazão. In: **RBRH Revista Brasileira de Recursos Hídricos** v. 8 n.1 Jan/Mar 2003, p.21–37.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: Tucci, C. E. M. (org). **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 2ª Ed. ABRH 2000.

SILVEIRA, A; MOURA, R. M. P.; ANDRADE, N. R. L. Determinação da $Q_{7,10}$ para o rio cuiabá, mato grosso, Brasil e comparação com a vazão regularizada após a Implantação do reservatório de aproveitamento múltiplo de manso. In: **XXX CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**. Punta del Este – Uruguay, 2006.

SMIRNOV, N. V. Table for Estimating the Goodness-of-Fit of Empirical Distributions. **Annals of Mathematical Statistics**. n.19. 1948. p 279-281.

SOUZA, C. G. **Análise dos episódios climáticos extremos no oeste paulista a partir das notícias veiculadas pela imprensa local**. (Monografia). UNESP, Presidente Prudente, 2005.

SOUZA FILHO, E. E.; STEVAUX, J. C. Geologia e Geomorfologia do Complexo Rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: **Vazzoler, A.E.A.M, Agostinho, A.A. and Hahnn, N.S. (eds), a planície de inundação do alto rio paraná**. UEM-Nupelia, Maringá-PR. 1997.

TUCCI, C. E. M. (ORG.) **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Ed. UFRGS, EDUSP, ABRH. Poa alegre, 1993.

TUCCI, C. E. M.; CLARK, R. T. Impactos das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. In: **RBRH** Rev. Brasileira de Recursos Hídricos. v.2, n.1, 1997, p 135-152.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Rio Grande do Sul: Ed. Universidade/UFRGS, 2002. p.14.

_____, C. E. M. Vazão Máxima e hidrograma de projetos. In: _____ **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 4ª Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2007, p. 527-539.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Paulo: Rima. 2. Ed. 2005. p 68-88.

VEN TE C.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied hydrology**. New York: MacGraw-hill, 1998.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

CONSULTAS DA INTERNET

AGRA, S. G.; SOUZA, V. C. B.; NEVES, M. G. F. P.; CRUZ, M. A. S. Metodologias de regionalização de vazões: Estudo comparativo na bacia do rio carreiro, RS. Disponível em < <http://www.rhama.net/download/artigos/artigo59.pdf>> Acessado em 12 de dez de 2013.

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.HTM Acessado em 18 jul de 2013.

<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaearrecadacao/cobrancaearrecadacao.aspx> Acessado em 25 de fev de 2014.

<http://www.cbmet.com/cbm-files/14-78051ecc313bd6f5a8365f2c57802ac4.pdf> Acessado em 07 de mar de 2014.

<http://www.cbmet.com/cbm-files/14-136822ada24e7aebe68df5ff71d48272.pdf>
Acessado em 20 de mar de 2014. Nery

LANDIM, P. M. B.; STURARO, J. R. Krigagem indicativa aplicada à Elaboração de mapas Probabilísticos de riscos. **Departamento de Geologia Aplicada**. Unesp Rio Claro. 2002. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DIDATICOS/LANDIM/kindicativa.pdf> acessado em 11 de jul 2014

MOREIRA. M. C. M. S. Universidade Federal de Viçosa, abril 2006. (Dissertação de mestrado) **Gestão de recursos hídricos: Sistema integrado para otimização da outorga do uso da água**. Disponível em <http://www.faculty.colostate-pueblo.edu/paul.Chacon/156Spr05/HYPO_testing_intro.html> acessado em 25 de out. 2014.

NUNES, J. O. R.; FREITAS, R.; PEREZ, I. U. **Mapeamento geomorfológico no município de Presidente Prudente – SP**. v 1. UNESP e FAPESP: Laboratório de solos, 2007. Disponível em < <http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/440.pdf> > Acessado em 12 mai 2013.

<http://citrus.uspnet.usp.br/rdg/ojs/index.php/rdg/article/viewFile/196/175> Acessado em 31 de mar de 2014.

<http://www.portalaction.com.br/content/vari%C3%A2nca-desconhecida> Acessado em 16 de apr de 2014.

SÃO PAULO. Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe. **Relatório zero. 1997**. Disponível em < <http://cbhap.org/>> Acessado em 21 de jul. 2013.

SCHUNCK-SILVA, E.; NERY, J. T. **Distribuição espacial e temporal da precipitação na região centro-sul do estado do paraná**.<http://www.ourinhos.unesp.br/Home/Pesquisa/GruposdeEstudo/Clima/Congressos313/006.pdf> Acessado em 12/10/2014.

Apêndice A:

Equações utilizadas nos processos de tratamento de dados:

Para cálculo do Desvio Padrão:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}}$$

Onde: σ é o desvio padrão; Σ é o somatório das vazões médias; n é o número de ocorrências.

A equação para o cálculo do coeficiente de variação (CV) é definida como:

$$CV = \left(\frac{\sigma}{\bar{X}} \right) \cdot 100(\%)$$

Onde: CV é o coeficiente de variação; σ é o desvio padrão; \bar{X} é a média de dados e \bar{Q} é a vazão média. Que pode ser calculado como um simples coeficiente entre o desvio padrão e a média, expresso em porcentagem.

Apêndice B:

Resultados das análises de correlação linear efetuadas para preenchimento de falhas e extensão de séries históricas de vazão mensal.

Quadro 1

Posto testado	Posto referência	período 1948-968/1979-2003	Posto testado	Posto referência	período 1948-968
Meses	Equação	R ²	Meses	Equação	R ²
jan	$y = 1,6396x + 19,117$	$R^2 = 0,9598$	jan	$y = 0,2775x - 0,3563$	$R^2 = 0,9328$
fev	$y = 1,6956x + 15,342$	$R^2 = 0,8427$	fev	$y = 0,4054x - 4,0891$	$R^2 = 0,8222$
mar	$y = 1,4927x + 21,289$	$R^2 = 0,8673$	mar	$y = 0,3604x - 3,2861$	$R^2 = 0,897$
abr	$y = 1,9092x + 5,2377$	$R^2 = 0,9654$	abr	$y = 0,3009x - 0,335$	$R^2 = 0,9044$
mai	$y = 1,7346x + 8,3661$	$R^2 = 0,9155$	mai	$y = 0,2607x + 0,7053$	$R^2 = 0,9272$
jun	$y = 1,8022x + 6,6879$	$R^2 = 0,989$	jun	$y = 0,3276x - 1,0461$	$R^2 = 0,9838$
jul	$y = 1,8444x + 5,1641$	$R^2 = 0,9663$	jul	$y = 0,3002x - 0,2855$	$R^2 = 0,9269$
ago	$y = 1,9956x + 1,0936$	$R^2 = 0,9528$	ago	$y = 0,4691x - 3,3271$	$R^2 = 0,5368$
set	$y = 1,9943x + 1,605$	$R^2 = 0,96$	set	$y = 0,286x - 0,219$	$R^2 = 0,9729$
out	$y = 1,9326x + 5,7249$	$R^2 = 0,9751$	out	$y = 0,2471x + 0,7058$	$R^2 = 0,9797$
nov	$y = 2,49x - 8,7292$	$R^2 = 0,8817$	nov	$y = 0,2962x - 0,0433$	$R^2 = 0,9304$
dez	$y = 1,803x + 9,6502$	$R^2 = 0,9418$	dez	$y = 0,3352x - 1,4433$	$R^2 = 0,9752$

Quadro 2

Posto testado 63180000	Posto referência 63160000	período 1970;95; 96;00;01;02	Posto testado 63670000	Posto referência 63180000	Anos: 79;80 85-88;92-99
Meses	Equação	R²	Meses	Equação	R²
jan	$y = 2,4412x - 10,005$	$R^2 = 0,9482$	jan	$y = 4,0011x - 2,635$	$R^2 = 0,8495$
fev	$y = 2,4732x - 12,184$	$R^2 = 0,782$	fev	$y = 2,4245x + 20,745$	$R^2 = 0,4789$
mar	$y = 1,8825x + 14,244$	$R^2 = 0,8781$	mar	$y = 3,3409x + 4,7834$	$R^2 = 0,7928$
abr	$y = 2,069x + 4,4416$	$R^2 = 0,9102$	abr	$y = 3,4274x + 3,5033$	$R^2 = 0,9208$
mai	$y = 2,0781x + 1,378$	$R^2 = 0,9103$	mai	$y = 3,3486x + 4,56$	$R^2 = 0,7788$
jun	$y = 1,8629x + 5,4308$	$R^2 = 0,9835$	jun	$y = 3,3085x + 4,4596$	$R^2 = 0,8902$
jul	$y = 2,0229x + 0,5966$	$R^2 = 0,9178$	jul	$y = 3,6561x + 3,2507$	$R^2 = 0,8741$
ago	$y = 1,9865x + 0,6551$	$R^2 = 0,9126$	ago	$y = 3,6561x + 3,2507$	$R^2 = 0,8741$
set	$y = 1,9187x + 3,0032$	$R^2 = 0,9503$	set	$y = 4,7567x - 1,8983$	$R^2 = 0,9285$
out	$y = 2,5935x - 13,066$	$R^2 = 0,9621$	out	$y = 4,3914x + 0,6016$	$R^2 = 0,9521$
nov	$y = 2,36x - 4,9938$	$R^2 = 0,8891$	nov	$y = 6,0516x - 9,5354$	$R^2 = 0,8347$
dez	$y = 2,1492x + 2,6952$	$R^2 = 0,9605$	dez	$y = 4,3848x + 0,3041$	$R^2 = 0,9935$

Quadro 3

Posto testado 63180000	Posto referênci 63160000	período 1948- 69 1978-2000	Posto testado 63650000	Posto referênci 63180000	Anos: 1978;79; 97-00;03;04
Meses	Equação	R ²	Meses	Equação	R ²
jan	$y = 1,6258x + 20,379$	$R^2 = 0,9581$	jan	$y = 0,2897x - 0,4412$	$R^2 = 0,8849$
fev	$y = 1,6579x + 21,346$	$R^2 = 0,9042$	fev	$y = 0,2145x + 1,8815$	$R^2 = 0,5174$
mar	$y = 1,9564x + 4,0723$	$R^2 = 0,9039$	mar	$y = 0,2479x + 0,4942$	$R^2 = 0,8311$
apr	$y = 1,5893x + 14,651$	$R^2 = 0,8971$	apr	$y = 0,2844x - 0,7615$	$R^2 = 0,9484$
mai	$y = 1,7233x + 12,74$	$R^2 = 0,8933$	mai	$y = 0,2647x - 0,3975$	$R^2 = 0,8538$
jun	$y = 1,5021x + 18,402$	$R^2 = 0,8733$	jun	$y = 0,2501x - 0,1803$	$R^2 = 0,8592$
jul	$y = 1,5995x + 14,639$	$R^2 = 0,9779$	jul	$y = 0,2756x - 0,7908$	$R^2 = 0,9086$
ago	$y = 1,8274x + 8,3333$	$R^2 = 0,9792$	ago	$y = 0,2038x + 0,5734$	$R^2 = 0,945$
set	$y = 1,7825x + 9,7353$	$R^2 = 0,9851$	set	$y = 0,2253x - 0,0334$	$R^2 = 0,9605$
out	$y = 1,3935x + 22,995$	$R^2 = 0,9636$	out	$y = 0,2425x - 0,0195$	$R^2 = 0,975$
nov	$y = 2,0024x + 7,5572$	$R^2 = 0,8672$	nov	$y = 0,2456x - 0,2549$	$R^2 = 0,9794$
dez	$y = 0,0674x + 83,318$	$R^2 = 0,733$	dez	$y = 0,2512x - 0,4974$	$R^2 = 0,9196$

Quadro 4

Posto testado 63790000	Posto referência 63165000	Período 19945-98
Meses	Equação	R ²
jan	$y = 0,5521x - 23,278$	R ² = 0,856
fev	$y = 0,4019x - 6,7408$	R ² = 0,6461
mar	$y = 0,4451x - 23,012$	R ² = 0,8459
apr	$y = 0,3066x - 8,7243$	R ² = 0,7047
mai	$y = 1,6118x - 74,519$	R ² = 0,8469
jun	$y = 0,258x - 7,1719$	R ² = 0,7325
jul	$y = 0,6288x - 0,5707$	R ² = 0,9524
ago	$y = 0,3629x - 8,9943$	R ² = 0,6867
set	$y = 0,5036x - 13,635$	R ² = 0,8219
out	$y = 0,6881x - 14,208$	R ² = 0,3755
nov	$y = 2,1317x - 62,227$	R ² = 0,5259
dez	$y = 0,3265x - 4,4794$	R ² = 0,4215

Quadro 5 – cálculo da vazão específica média, conforme períodos hidrológicos

POSTOS	Qm (L)	área km ²	1ºper			2ºper			3ºper
			Qe (l.s/km ²)	Qm (L)	área km ²	Qe (l.s/km ²)	Qm (L)	área km ²	Qe (l.s/km ²)
63100000	7167,26	10920	0,656343	12705,83	10920	1,163538	11557,08	10920	1,058341
63160000	25110	3670	6,841962	41620,00	3670	11,3406	38780,00	3670	10,56676
63165000	42922,03	6217	6,903977	71370,16	6217	11,47984	65898,62	6217	10,59975
63180000	54973,56	8643	6,360472	95377,18	8643	11,03519	82920,57	8643	9,593957
63170000	51683,85	7660	6,747239	86956,54	7660	11,35203	77598,92	7660	10,13041
63700000	21521,51	2650	8,121324	32005,85	2650	12,07768	28260,32	2650	10,66427
63670000	9351,12	1061	8,813494	14806,23	1061	13,95498	12316,38	1061	11,60828
63810000	56703,41	7422	7,63991	79958,46	7422	10,77317	70086,55	7422	9,443082
63650000	6268,32	7340	0,853994	9494,78	7340	1,293566	8976,46	7340	1,222951
63710000	23900,0	2883	8,289976	39500,0	2883	13,70101	32300,0	2883	11,20361
63790000				25120	700	35,88571	21390,00	700	30,55714
63140000							18000,00	1428	12,60504

Apêndice D:

Resultados do teste T de student para avaliar as diferenças entre as vazões médias, se deu pela fórmula:

\bar{X}_1 = média do grupo 1

\bar{X}_2 = média do grupo 2

$\bar{D} = \bar{X} - \bar{Y}$

$\sigma^2 = S_x^2/n_1 + S_y^2/n_2$

$\frac{\bar{D} - \mu_D}{S_X}$

Bacias	Estatística t	p-valor	Intervalo de confiança para a diferença de médias
ECHA - FLORA	24.6891	p-value < 2.2e-16	-62.10176; -52.76128
ECHA - MARI	5.5201	p-value = 3.805e-07	2.588171; 5.504003
ECHA - TUPA	-12.7738	p-value < 2.2e-16	-23.42191; -17.07414
ECHA - VARP	-11.1554	p-value < 2.2e-16	-15.84453; -11.04893
FLORA - MARI	26.7562	p-value < 2.2e-16	56.85921; 66.09601
FLORA - TUPA	13.805	p-value < 2.2e-16	31.82048; 42.54651
FLORA - VARP	17.6716	p-value < 2.2e-16	39.01303; 48.95655
MARI - TUPA	-15.7447	p-value < 2.2e-16	-27.39026; -21.19797
MARI - VARP	-15.2184	p-value < 2.2e-16	-19.78408; -15.20155
TUPA - VARP	3.7459	p-value = 0.0003308	3.189997; 10.412589
GUA - LUI	-13.71590	p-value < 2.2e-16	-47.13569; -35.20770
GUA - RIN	-18.1917	p-value < 2.2e-16	-52.15935; -41.81386
GUA - VAL	-17.6793	p-value < 2.2e-16	-71.22757; -56.71998

GUA - GBOT	-17.5273	p-value = 2.113e-14	-48.76859; -38.44816
LUI - RIN	-1.496	p-value = 0.1370	-13.501869; 1.872053
LUI - VAL	-4.9141	p-value = 3.007e-06	-31.99393; -13.61022
LUI - GBOT	-0.6371	p-value = 0.5258	-10.046521 ; 5.173166
RIN - VAL	-3.8777	p-value = 0.0001959	-25.685875 ; -8.288465
RIN - GBOT	0.9637	p-value = 0.3391	-3.634043 ; 10.390503
VAL 0 GBOT	4.7082	p-value = 1.192e-05	11.74156 ; 28.98924

Apêndice E:

Inventário das estações Pluviométricas das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e do Peixe

Município	Prefixo	Nome	Alt.	Lat.	Long.	Bacia	Série histórica
Adamantina	C8-052	Valparaíso/Adamantina	290 m	21°26'	51°01'	Aguapeí	1971-2003
Álvaro de Carvalho	D6-093	Álvaro de Carvalho	580 m	22°05'	49°43'	Aguapeí	1970-2003
Bento de Abreu	C7-051	Faz. Santa Alice	430 m	21°19'	50°52'	Aguapeí	1970-2000
Braúna	C7-016	Faz. Nossa Sra. Aparecida	480 m	21°34'	50°20'	Aguapeí	1938-2003
Cafelândia	C6-083	Faz. São Luiz	480 m	21°51'	49°42'	Aguapeí	1950-1969
Florida Paulista	C8-030	Faz. Santo Andre	380 m	21°30'	51°09'	Aguapeí	1947-2004
Garça	D6-018	Garça	680 m	22°12'	49°39'	Aguapeí	1930-2004
Garça	D6-099	Faz. São Jose	640 m	22°11'	49°35'	Aguapeí	1972-2000
Getulina	C6-025	Getulina (Prefeitura)	480 m	21°47'	49°56'	Aguapeí	1939-1948
Getulina	C7-006	Macucos	430 m	21°45'	50°07'	Aguapeí	1939-2004
Guaimbe	C6-013	Bairro Coração	500 m	21°53'	49°54'	Aguapeí	1963-1971
Guaranta	C6-002	São Benedito	470 m	21°55'	49°39'	Aguapeí	1958-2001
Inubia Paulista	C7-071	Faz. Califórnia	420 m	21°45'	50°57'	Aguapeí	1946-1972
Julio Mesquita	C6-023	Faz. Chantebled	460 m	21°55'	49°47'	Aguapeí	1937-2000
Junqueirópolis	C8-046	Salgado Filho	390 m	21°26'	51°22'	Aguapeí	1970-2000
Lucélia	C8-013	Lucélia (Acco)	460 m	21°44'	51°01'	Aguapeí	1947-1967
Lucélia	C8-018	Lucélia	460 m	21°44'	51°01'	Aguapeí	1963-2004
Luisiania	C7-064	Faz. Bom Retiro	420 m	21°42'	50°18'	Aguapeí	1946-2004
Monte Castelo	C8-008	Monte Castelo	330 m	21°18'	51°34'	Aguapeí	1957-2004
Nova Independência	C8-045	Nova Independência	310 m	21°06'	51°29'	Aguapeí	1970-2000
Pacaembu	C8-041	Faz. Águas Claras	310 m	21°25'	51°13'	Aguapeí	1949-1958
Piacatu	C7-078	Piacatu	420 m	21°36'	50°36'	Aguapeí	1971-2004
Pirajui	C6-005	Faz. Cachoeirinha	500 m	22°01'	49°34'	Aguapeí	1943-1950
Pirajui	D6-047	Faz. Lobo	550 m	22°02'	49°39'	Aguapeí	1942-1952
Pirajui	D6-086	São Francisco da Corredeira	550 m	22°03'	49°37'	Aguapeí	1942-2004

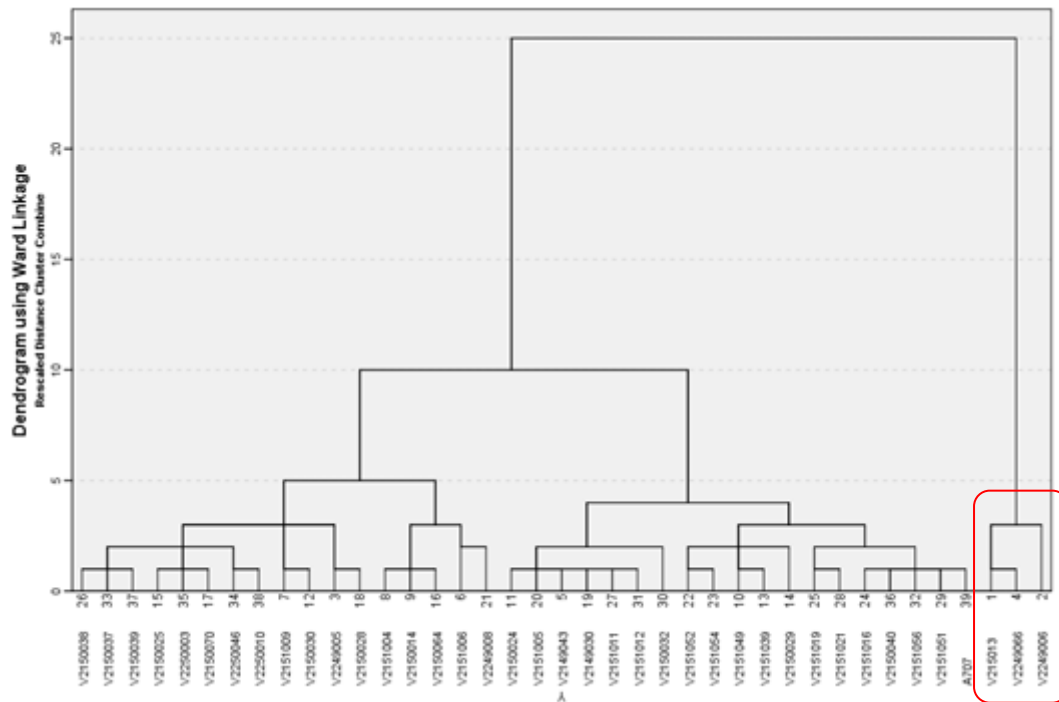
Promissão	C7-082	Santa Maria do Gurupa	450 m	21°39'	50°01'	Aguapeí	1972-2001
Rinópolis	C7-045	Rinópolis	410 m	21°44'	50°43'	Aguapeí	1946-2000
Rubiácea	C7-081	Caramuru	400 m	21°25'	50°50'	Aguapeí	1972-2000
Salmorão	C7-075	Faz. Coroados	370 m	21°37'	50°55'	Aguapeí	1955-2004
Adamantina	C8-004	Adamantina	440 m	21°41'	51°05'	Peixe	1956-2004
Bastos	C7-062	Bastos	440 m	21°55'	50°44'	Peixe	1946-2004
Borá	D7-062	Bora	470 m	22°15'	50°33'	Peixe	1971-2000
Flora Rica	C8-048	Bandeirantes	340 m	21°43'	51°27'	Peixe	1970-1974
Flora Rica	C8-059	Ribeirão da Ilha	300 m	21°44'	51°27'	Peixe	1974-2004
Florida Paulista	C8-002	Florida Paulista	380 m	21°37'	51°10'	Peixe	1954-2004
Garça	D6-044	Garça (Sanbra)	660 m	22°13'	49°39'	Peixe	1943-1962
Iacri	C7-054	Iacri	510 m	21°52'	50°42'	Peixe	1946-2004
Irapuru	C8-042	Irapuru	440 m	21°34'	51°21'	Peixe	1949-2004
Lucélia	C8-021	Balisa	400 m	21°47'	51°02'	Peixe	1941-1942
Lucélia	C8-039	Lucélia (Maquinas Wholley)	450 m	21°43'	51°01'	Peixe	1947-1960
Mariápolis	C8-047	Mariápolis	370 m	21°47'	51°11'	Peixe	1970-2000
Marília	D6-009	Faz. Flor Roxa	490 m	22°15'	50°05'	Peixe	1958-1969
Marília	D6-010	Marília (Acco)	660 m	22°14'	49°56'	Peixe	1936-1974
Marília	D6-013	Bairro São Geraldo	420 m	22°19'	50°00'	Peixe	1957-1976
Marília	D6-016	Marília (CPEF)	650 m	22°13'	49°57'	Peixe	1938-1971
Marília	D6-025	Marília	640 m	22°13'	49°56'	Peixe	1939-2004
Marília	D7-045	Avencas	400 m	22°16'	50°09'	Peixe	1944-1957
Marília	D7-067	Amadeu Amaral	440 m	22°21'	50°03'	Peixe	1972-2000
Marília	D7-074	Avencas	500 m	22°16'	50°06'	Peixe	1976-2004
Oriente	D7-026	Faz. Kyotaro Shimoe	580 m	22°08'	50°07'	Peixe	1937-1942
Oscar Bressani	D7-008	Oscar Bressani	490 m	22°19'	50°18'	Peixe	1937-1943
Oswaldo Cruz	C7-067	Oswaldo Cruz	460 m	21°48'	50°52'	Peixe	1953-2004
Ouro Verde	C8-055	Faz. Paulista	270 m	21°35'	51°43'	Peixe	1971-2004
Pompéia	D7-029	Paulópolis	580 m	22°06'	50°15'	Peixe	1938-1950
Pompéia	D7-059	Vila Audenia	420 m	22°13'	50°14'	Peixe	1971-

							1979
Presidente Bernardes	D8-002	Presidente Bernardes	420 m	22°01'	51°33'	Peixe	1936-1947
Presidente Venceslau	C8-044	Presidente Venceslau	410 m	21°52'	51°50'	Peixe	1951-1962
Presidente Venceslau	C8-057	Bairro Pederneiras	320 m	21°43'	51°49'	Peixe	1972-2000
Quintana	D7-033	Quintana	600 m	22°04'	50°18'	Peixe	1940-2000
Quintana	D7-075	Faz. Bom Retiro	400 m	22°11'	50°24'	Peixe	1979-2000
Rancharia	C7-001	Usina Quatiara	320 m	21°57'	50°56'	Peixe	1944-2004
Rancharia	D7-073	Faz. Barra Mansa	430 m	22°07'	50°50'	Peixe	1974-2004
Ribeirão dos Índios	C8-060	Ribeirão dos Índios	420 m	21°50'	51°36'	Peixe	1982-1998
Santo Anastácio	C8-006	Ribeirão dos Índios	400 m	21°51'	51°36'	Peixe	1938-1943
Tupã	C7-043	Tupã	510 m	21°56'	50°32'	Peixe	1942-2000
Tupã	D7-061	Varpa	430 m	22°04'	50°32'	Peixe	1971-2000
Vera Cruz	D6-017	Vera Cruz (CPEF)	630 m	22°13'	49°49'	Peixe	1939-1971

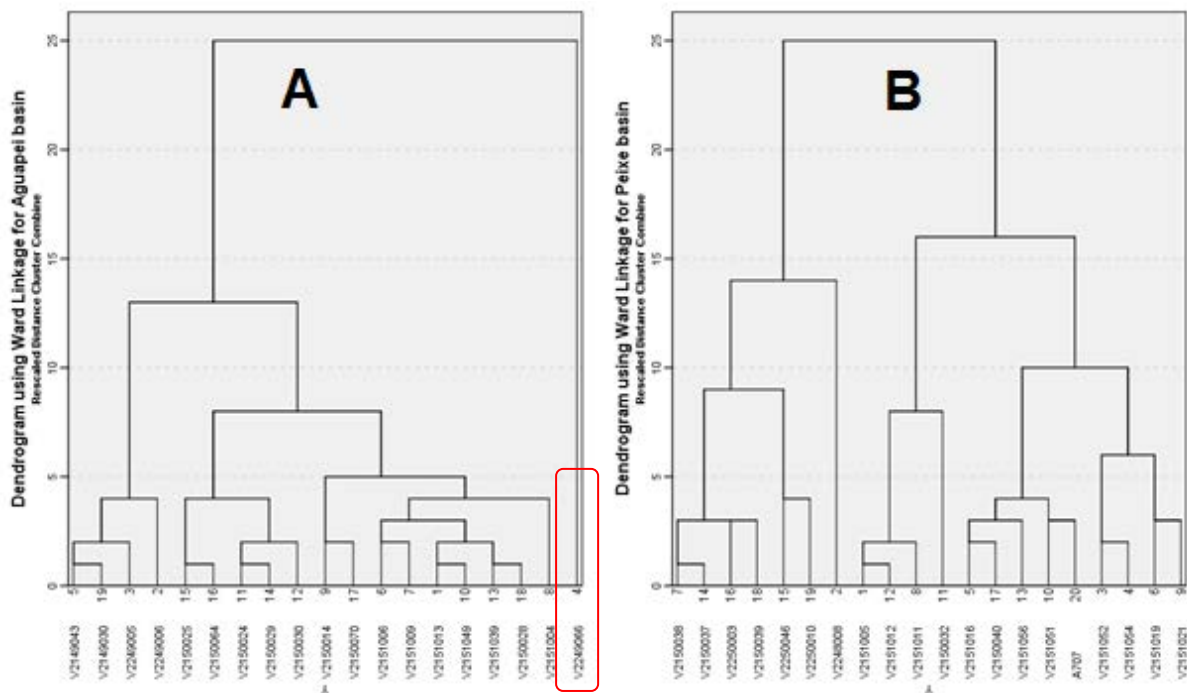
Fonte: ANA (2012), DAEE (2012)

Apêndice F:

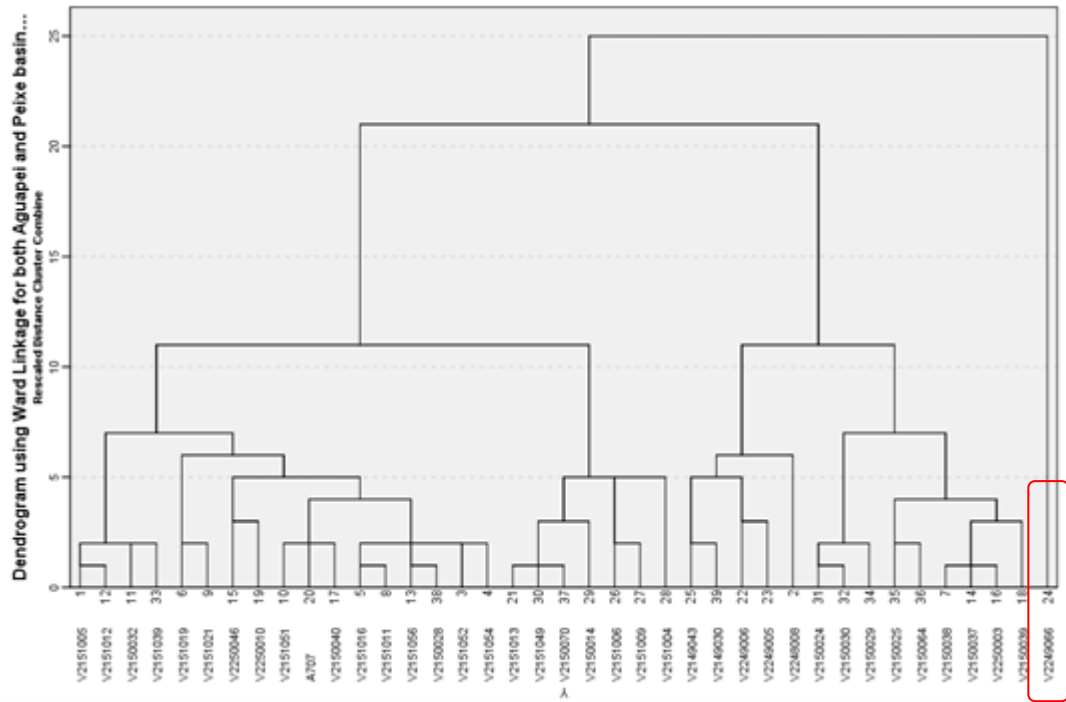
Agrupamentos gerados pelas análises de componentes principais como parte das atividades durante o estágio na Universidade de Liverpool, Inglaterra.



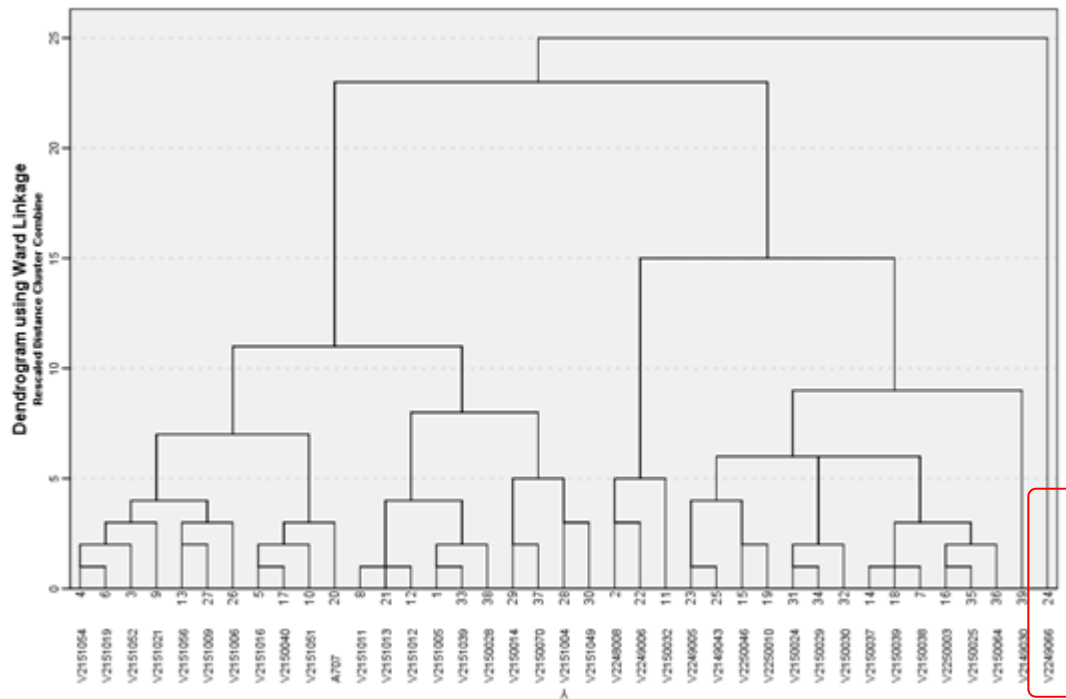
1. PCA dendrogram g for complete precipitation series of Aguapeí and Peixe basins



2. Dendrogram generated at PCA for complete precipitation data series Aguapeí (A) and Peixe (B).



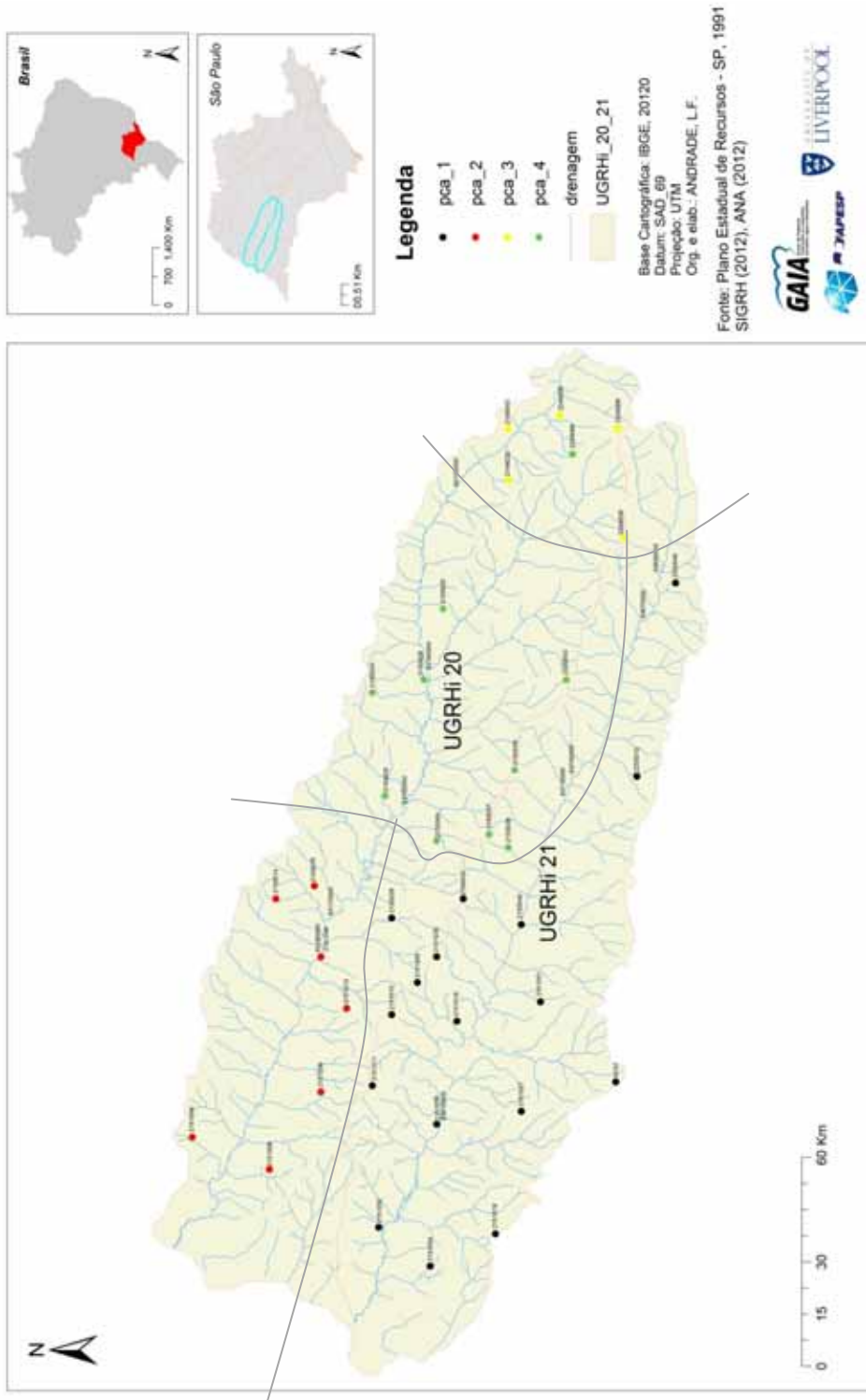
3. PCA dendrogram for precipitation data series Aguapeí and Peixe (1975-1987).



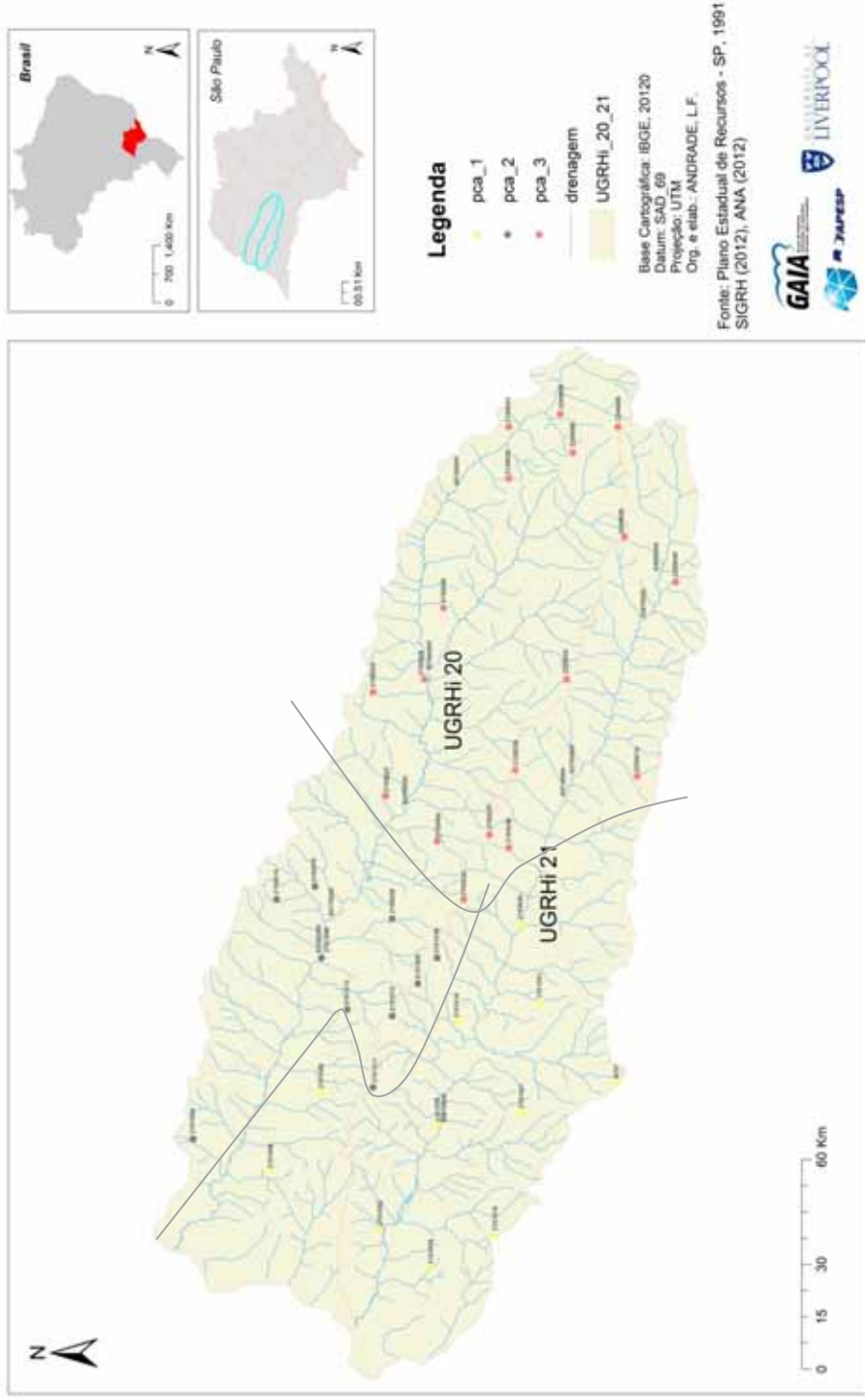
1. PCA dendrogram for precipitation data series Aguapeí and Peixe (1987-1999).

Apêndice G:

Mapeamento dos grupos de classes obtidos através das análises de componente principal.



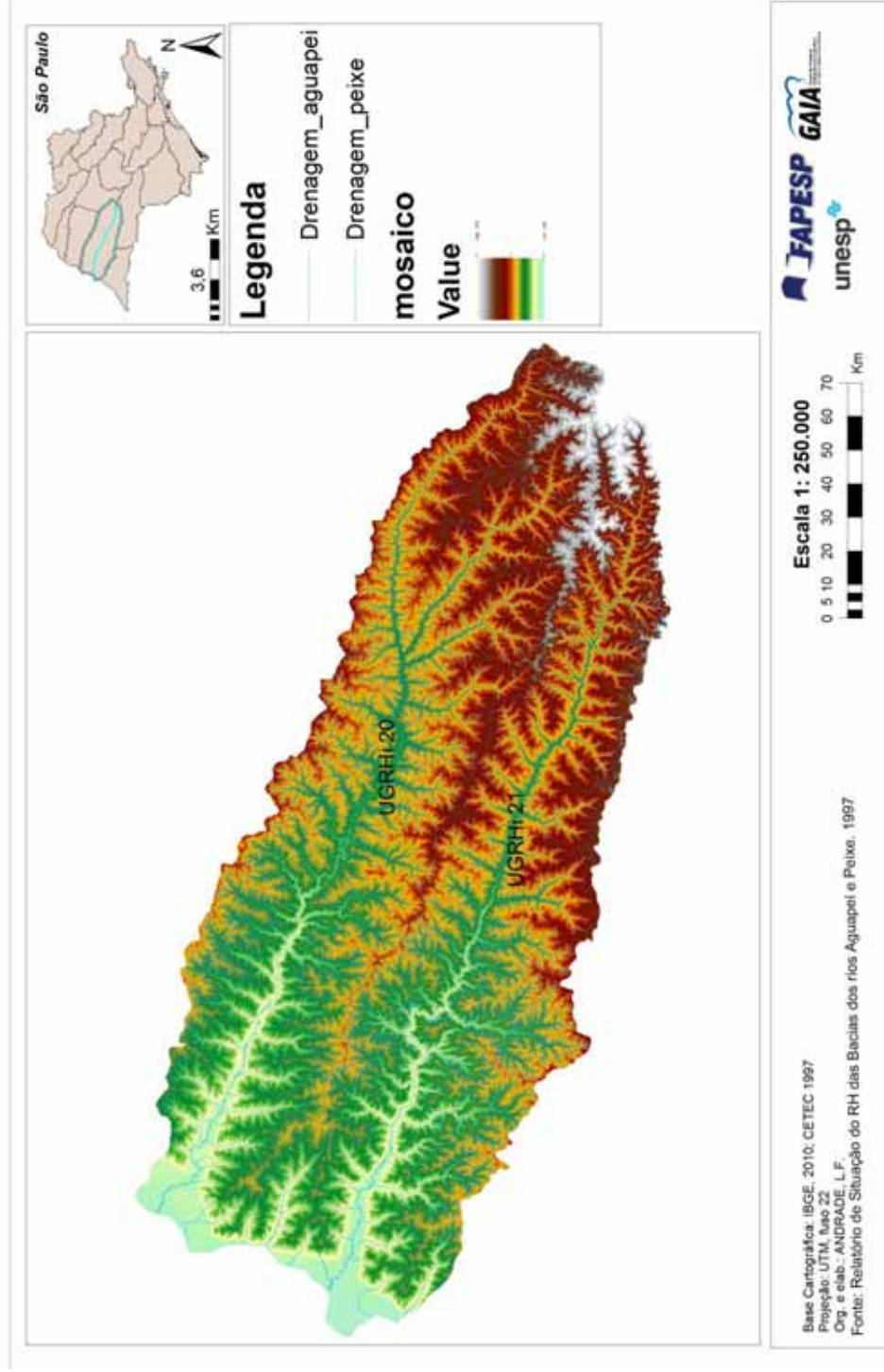
1. Principal Component Analyses using complete precipitation data of Peixe and Aguapeí Catchment in the period from 1975 to 1987. The lines show each PCA in shared area.



2. Principal Component Analyses using complete precipitation data of Peixe and Aguapeí Catchment in the period from 1987 to 1999. The lines show each PCA in shared area.

Apêndice H:

Mapa hipsométrico, através do qual será produzido o modelo digital de elevação, conforme se necessário.



Fonte: Relatório de Situação CBH- AP (1997); INPE (2012). Organizado pelo autor