



CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO,  
PESQUISA E EXTENSÃO

CURSO DE MESTRADO EM  
ANÁLISE GEOAMBIENTAL

**GERALDO OLIVEIRA GIRALDI JUNIOR**

**CONTROLE DO REGIME DE PRECIPITAÇÃO NA  
CARACTERIZAÇÃO DAS CHEIAS DO RIO IVAÍ, PR**

**Guarulhos  
2008**



**GERALDO OLIVEIRA GIRALDI JUNIOR**

**CONTROLE DO REGIME DE PRECIPITAÇÃO NA  
CARACTERIZAÇÃO DAS CHEIAS DO RIO IVAÌ, PR**

Dissertação apresentada á Universidade  
Guarulhos como pré-requisito para a  
obtenção do título de Mestre em  
Análise Geoambiental.

**Orientador: Prof. Dr. José Cândido Stevaux**

**Guarulhos  
2008**



A Comissão Julgadora dos Trabalhos de Defesa de Dissertação de MESTRADO, intitulada “**Controle do Regime de Precipitação na Caracterização das Cheias do Rio Ivaí – PR**”, em sessão pública realizada em 12 de Junho de 2008, considerou o candidato **Geraldo Oliveira Giraldi Junior** aprovado.

A Banca Examinadora foi composta pelos seguintes pesquisadores:

*Prof. Dr. José Cândido Stevaux*  
**Orientador**

*Prof. Dr. Mario Lincoln De Carlos Etchebehere*  
**Universidade Guarulhos**

*Prof. Dr. Edgardo Latrubesse*  
**Universidad Nacional de La Plata**

**Guarulhos**  
**2008**

*Dedico este trabalho em primeiro lugar a Deus; à minha esposa Maria Ângela, aos meus filhos, aos meus pais Geraldo e Daisy, pelo esforço empenhado para que eu realizasse meus estudos.*

## **AGRADECIMENTO**

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Cândido Stevaux, por sua dedicação, paciência, sensibilidade, pelas recomendações e orientações valiosas, assim como pelo apoio ao longo desta jornada, pois sem ele este trabalho não seria realizado.

Ao Prof. Dr. Antonio Roberto Saad pela confiança, apoio, incentivo e presteza no tocante à realização deste trabalho.

Aos funcionários e docentes do laboratório de Geociências, que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho pudesse ser feito.

À turma do Mestrado 2005, pelo companheirismo, apoio e por todos os momentos que passamos juntos.

## RESUMO

Três tipos de cheia (Tipos A, B e C) e quatro grupos homogêneos de precipitação (I, II, III e IV) são reconhecidos na bacia do Rio Ivaí. Este trabalho visa a descrever à análise do regime das cheias considerando a distribuição temporal da precipitação na bacia. Combinando os tipos de cheias, e os grupos de precipitação, foi possível entender como cada tipo de cheia é controlado no tocante ao regime de precipitação, distribuição de área e da efetiva contribuição de cada sub-bacia para o regime de cheias e sua magnitude: Cheia Tipo A – controlada por altas precipitações a montante da bacia com gradual redução ao longo do curso médio e baixo da bacia; Cheia Tipo B – é formada pela alta precipitação a montante da bacia e moderada no resto da bacia; Cheia Tipo C – é formada por moderada à baixa precipitação em toda a bacia. Essa metodologia, fácil de ser aplicada em outras bacias, pode ser considerada uma ferramenta útil ao gerenciamento dos rios, especialmente no controle de cheias, nos regimes de sedimentos suspensos, para a agricultura, na produção de energia das hidroelétricas.

**Palavras-chave:** Classificação das Cheias; Rio Ivaí; Análise do Regime de Cheias; Precipitação; Estado do Paraná.

## ABSTRACT

Three types of flood (Type A, B and Type C) and four homogenous groups of precipitation (I, II, III and IV) are recognized to the Ivaí River Basin. This paper deals with the analysis of flood regime considering the areal and temporal distribution of precipitation in the catchment basin. Matching flood types and precipitation groups it was possible to understand how each type of flood is controlled in terms of precipitation regime, rain distribution and the effective contribution of each sub-basin for flood regime and magnitude: *Flood type A* – controlled by high precipitations in the head water and upper basin with gradate reduction along the middle and low basins; *Flood type B* – is formed by high precipitation exclusively in the headwater area and moderate precipitation in the rest of the basin area; and *Flood type C* – is formed by moderate to low precipitation in all entire basin. This methodology, ease to apply in other river basins, can be considerate a useful tool for river management especially in and flood control, regime of suspended sediments, agriculture and hydroelectric energy production.

**Keywords:** Classification of Floods; River Ivaí; Analysis of the Scheme Floods, Precipitation; state of Parana.

## LISTA DAS FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Ciclo hidrológico.....	3
<b>Figura 2</b> – Bacia do rio Ivaí, estações fluviométricas e pluviométricas utilizadas neste estudo. (Mod. Destefani, 2005).....	5
<b>Figura 3</b> – Unidades geológicas da bacia hidrográfica do rio Ivaí. Fonte: PARANÁ (1998); MINEROPAR (2000).....	7
<b>Figura 4</b> – Mapa hipsométrico da bacia do Rio Ivaí – PR.....	8
<b>Figura 5</b> – Perfil longitudinal do rio Ivaí – elaborado por Destefani (2005).....	8
<b>Figura 6</b> – Mapa de precipitações médias anuais na bacia do rio Ivaí. Observar a redução nos valores de montante para jusante (Mod. de Baldo, 2006).....	10
<b>Figura 7</b> – Meses mais secos (esquerda) e mais chuvosos (direita) na bacia do rio Ivaí para o período de 1976 a 2001. (Mod. Baldo, 2006 e Andrade, 2003 ).....	11
<b>Figura 8</b> – Ocorrência do fenômeno El Niño no Brasil nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (CPTEC/INPE, 2008).....	12
<b>Figura 9</b> – Ocorrência do fenômeno El Niño no Brasil nos meses de junho, julho e agosto (CPTEC/INPE, 2008).....	13
<b>Figura 10</b> – Ocorrência do fenômeno La Niña no Brasil nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (CPTEC/INPE, 2008).....	13
<b>Figura 11</b> – Ocorrência do fenômeno La Niña no Brasil nos meses de junho, julho e agosto (CPTEC/INPE, 2008).....	14
<b>Figura 12</b> – Classificação dos postos pluviométricos obtidos através da análise de agrupamento, para a bacia do rio Ivaí (Baldo, 2006).....	17
<b>Figura 13</b> – Classificação dos postos pluviométricos segundo os grupos similares para a bacia do rio Ivaí (Andrade, 2003).....	20
<b>Figura 14</b> – Cheia tipo A ano de 1998.....	25
<b>Figura 15</b> – Distribuição Mensal da Precipitação Pluviométrica – 1974 a 2001. (Andrade, 2003).....	26
<b>Figura 16</b> – Classificação das precipitações – Chuva Tipo A.....	26
<b>Figura 17</b> – Cheia Tipo B ano de 1989.....	28
<b>Figura 18</b> – Distribuição Mensal da Precipitação Pluviométrica – 1974 a 2001 (Andrade, 2003).....	28
<b>Figura 19</b> – Classificação das precipitações – Chuva Tipo B.....	29
<b>Figura 20</b> – Cheia tipo C ano de 1985 .....	30
<b>Figura 21</b> – Distribuição Mensal da Precipitação Pluviométrica – 1974 a 2001. (Andrade, 2003).....	31
<b>Figura 22</b> – Classificação das precipitações – Chuva Tipo C .....	31



**LISTAS DAS TABELAS**

<b>Tabela 1</b> – Característica das estações fluviométricas.....	6
<b>Tabela 2</b> – Característica das estações pluviométricas.....	6
<b>Tabela 3</b> – Formações florísticas originais do Estado do Paraná (MAACK,1981)	15
<b>Tabela 4</b> – Correlação das estações fluviométricas x pluviométricas analisadas no período de 1974 a 2001.....	23
<b>Tabela 5</b> – Classificações das precipitações totais mensais.....	24

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	viii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. CICLO HIDROLÓGICO E BACIA HIDROGRÁFICA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES</b> .....	3
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	5
3.1. Localização da área de estudo.....	5
3.2. Geologia e relevo.....	7
3.3. Clima.....	10
3.4. Vegetação.....	15
<b>4. FUNDAMENTAÇÃO E PREMISSAS ADOTADAS</b> .....	17
4.1. Regime hidrológico do rio Ivaí .....	18
4.2. Variabilidade pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Ivaí.....	20
4.3. Origem das precipitações na bacia.....	21
<b>5. METODOLOGIA</b> .....	22
<b>6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA CORRELAÇÃO DAS CHEIAS TIPO A, B E C COM A PLUVIOSIDADE</b> .....	25
6.1. Cheia Tipo A.....	25
6.2. Cheia Tipo B.....	27
6.3. Cheia Tipo C.....	30
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	33
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	35

## 1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Ivaí é a segunda maior do Paraná e drena uma área de aproximadamente 37.000 km<sup>2</sup>, englobando 105 municípios do referido estado. Por possuir, em sua maior parte, um solo fértil desenvolvido a partir de rochas basálticas, a bacia apresenta um grande potencial agropecuário com produção de milho, soja, trigo, cana-de-açúcar e pecuária de bovinos e suínos. Devido ao seu perfil longitudinal com altas declividades, o rio Ivaí apresenta um grande potencial para instalações de usinas hidrelétricas, muito embora a bacia não possua nenhuma hidrelétrica de grande ou médio porte.

A bacia do Ivaí apresenta características diferentes de outras bacias da margem esquerda do rio Paraná: a) está posicionada em uma área de transição climática (tropical para subtropical); b) apresenta um regime pluvial de forte influência orográfica; c) as duas características mencionadas fazem com que a bacia tenha um acentuado gradiente pluviométrico que decresce de montante para jusante; d) abrange uma grande diversidade geológica com rochas de praticamente toda seqüência paleozóica e mesozóica da Bacia Sedimentar do Paraná; e) possui uma morfometria bastante alongada com fator de forma = 0,08<sup>1</sup>. Tais características dão à bacia do Ivaí uma peculiaridade bastante interessante quanto a relação entre a precipitação e o escoamento. Considerando as características acima citadas, a presente dissertação objetiva a realização de uma análise da relação entre o Regime Pluvial e fluvial da bacia do rio Ivaí.

Dentro dessa perspectiva, três trabalhos recentes são fundamentais para se atingir o objetivo proposto. Primeiramente, Andrade (2003) apresenta uma análise da distribuição espacial da precipitação, bem como sua relação com os fenômenos do El Niño e La Niña. A seguir, Baldo (2006) apresenta uma análise das variáveis climáticas (pressão e temperatura) no regime pluvial da bacia. Finalmente Destefani (2005) disserta sobre o regime hidrológico do rio Ivaí verificando sua periodicidade, estacionariedade e permanência, determinando três modelos de cheias.

---

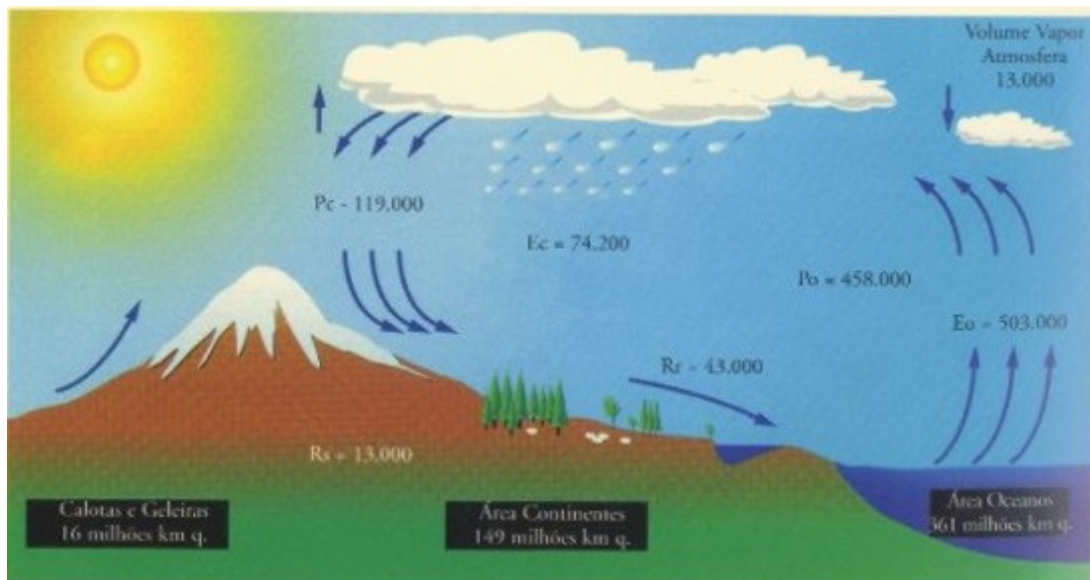
<sup>1</sup> Fator de forma: relação entre a largura média da bacia ( $\bar{L}$ ) e o comprimento axial (L) => ( $K_f = \bar{L}/L$ ). Quanto menor o  $K_f$ , mais alongada é a bacia.

O presente trabalho pretende fazer uma análise comparativa dos trabalhos mencionados de modo a estabelecer a relação entre o regime pluviométrico estudado por Andrade (2003) e Baldo (2006), bem como o fluviométrico, definido por Destefani (2005), levando-se em conta as características morfométricas, orográficas e geológicas da bacia. Esse tipo de análise integrada não é comum na literatura brasileira. Normalmente os trabalhos versam separadamente sobre a pluviometria e fluviometria sem que seja feita a integração necessária. Dessa forma, acredita-se que o projeto aqui proposto atinja um grande interesse regional, bem como poderá constituir num modelo para estudos dessa natureza em outras bacias hidrográficas.

## 2. CICLO HIDROLÓGICO E BACIA HIDROGRÁFICA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre (SILVEIRA, 2002). A troca entre a circulação da superfície terrestre e da atmosfera, fechando o ciclo hidrológico, ocorre em dois sentidos:

- no da superfície para a atmosfera, através da evaporação, transpiração e condensação;
- no da atmosfera para a superfície, por meio da precipitação e escoamento.



**Figura 1** – Ciclo hidrológico - Volume de água em circulação na Terra –  $\text{km}^3 / \text{ano}$  ( $1 \text{ km}^3 = 1 \text{ bilhão m}^3$ ).  $P_o$  = precipitação nos oceanos,  $E_o$  = evaporação dos oceanos,  $P_c$  = precipitação nos continentes,  $E_c$  = evaporação dos continentes,  $R_r$  = descarga total dos rios,  $R_s$  = contribuição dos fluxos subterrâneos às descargas dos rios,  $\text{km q}$  = quilômetros quadrados (Adaptado de Shiklomanov, in IHP/UNESCO, 1998, cap. 1, pág. 7).

fonte: [http://www.drm.rj.gov.br/admin\\_fotos/agua\\_subterranea/ciclo\\_hidrologico.jpg](http://www.drm.rj.gov.br/admin_fotos/agua_subterranea/ciclo_hidrologico.jpg)

Descreve-se o ciclo hidrológico a partir do vapor de água presente na atmosfera que, sob determinadas condições meteorológicas, condensa-se, formando microgotículas de água que se mantêm suspensas no ar devido à turbulência natural. O agrupamento das microgotículas, que são visíveis com o vapor de água, mais eventuais partículas de poeira e gelo, formam um aerossol próximo ao solo chamado de nuvem ou de nevoeiro. Através da dinâmica das massas de ar, acontece a principal transferência de água da atmosfera para a superfície terrestre que é a precipitação (SILVEIRA, 2002).

Os volumes evaporados em um determinado local não necessariamente irão se precipitar no referido local porque há movimentos contínuos, com dinâmicas diferentes na atmosfera e na superfície terrestre. Parte das precipitações que ocorrem no continente são evaporadas no local, sendo que o restante escoar para o oceano e também infiltram no substrato.

O ciclo hidrológico é estudado com mais frequência na superfície terrestre, onde o elemento fundamental de análise é a bacia hidrográfica. A bacia hidrográfica por sua vez, é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. É constituída basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório.

A bacia hidrográfica é considerada um sistema físico onde ocorre o aumento do volume de água em decorrência da água precipitada na bacia, onde ocorrem perdas intermediárias nos volumes evaporados, transpirados e também por decorrência dos infiltrados profundamente. O papel hidrológico da bacia hidrográfica é o de transformar a entrada do volume da precipitação concentrada, em uma saída da água precipitada através do escoamento de forma mais distribuída no tempo. Para tanto à rede de drenagem, condicionada principalmente pelas características geológicas, tende a ser, pelo *princípio da menor energia*, a mais efetiva.

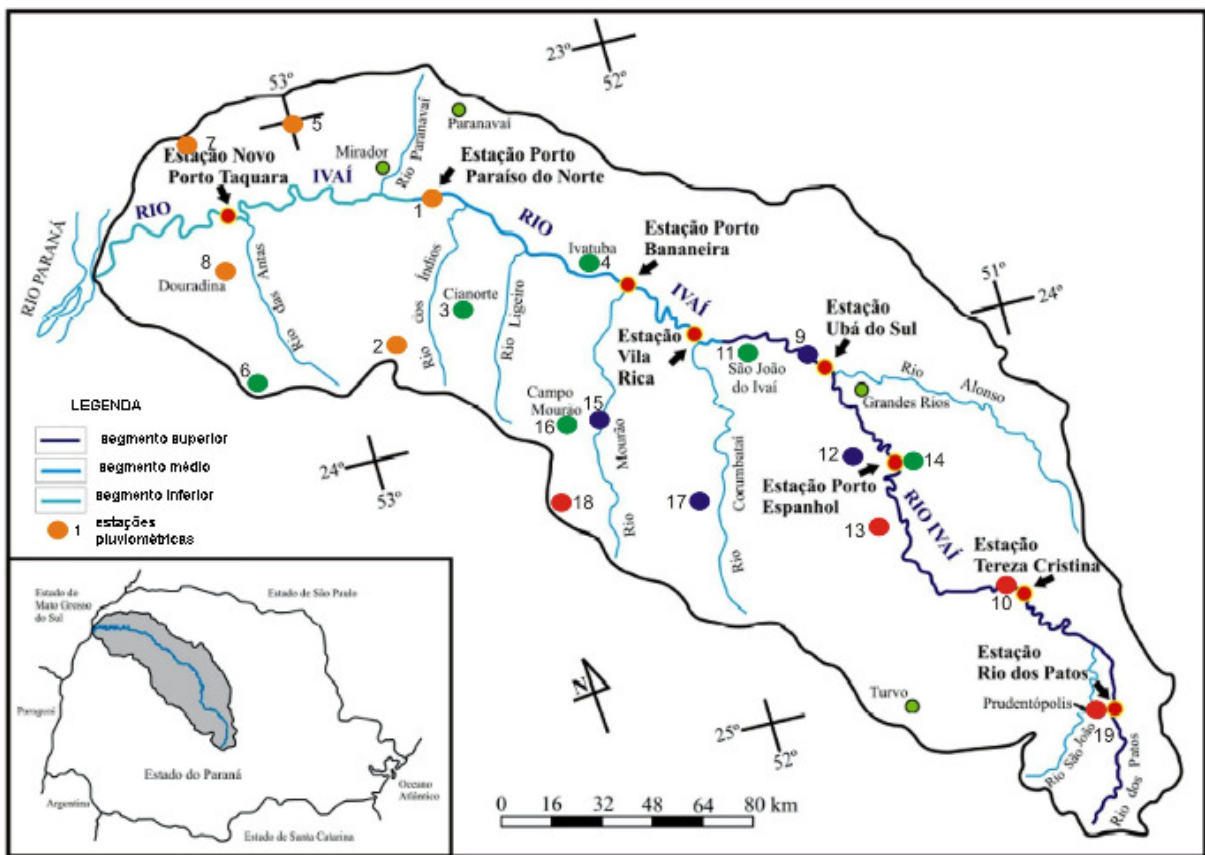
Uma parte da água que adentra na bacia hidrográfica escoar diretamente pela superfície da vertente e a seguir pelo canal e uma parte infiltra-se no solo formando o chamado fluxo subterrâneo. Este, extremamente lento quando comparado ao superficial, é o responsável pelo fluxo de base, ou seja, pelo escoamento perene do fluxo de água pela drenagem.

As precipitações que caem sobre as vertentes infiltram-se totalmente no solo até haver saturação e, após isso, começa a haver o escoamento superficial, caso haja a continuidade da precipitação.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 Localização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Ivaí está inserida na região sul do Brasil, no Estado do Paraná, entre as coordenadas 22°54' e 25°33' de latitude sul e 50°44' e 52°42' longitude oeste, com uma área de 36.622 km<sup>2</sup>, com uma extensão de 680 km. O rio recebe esse nome a partir da confluência do rio dos Patos e São João da Serra da Boa Esperança a mais de 800 m, desaguando a 230 m de altitude na margem esquerda do rio Paraná (Fig.2).



**Figura 2** – Bacia do rio Ivaí, estações fluviométricas e pluviométricas utilizadas neste estudo (Mod. Destefani, 2005).

Foram consideradas as estações fluviométricas de Novo Porto Taquara, Paraíso do Norte, Porto Bananeira, Ubá do Sul, Porto Espanhol, Tereza Cristina, Rio dos Patos, com suas características conforme Tabela 1 e as estações pluviométricas, num total de 19 estações, descritas na Tabela 2.

**Tabela 1 – Localização das estações fluviométricas.**

ESTAÇÃO	MUNICÍPIO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ALTITUDE DO POSTO (M)	ÁREA DE DRENAGEM (KM <sup>2</sup> )
		LATITUDE	LONGITUDE		
Rio dos Patos	Prudentópolis	25°12'00"	50°55'59"	690	1.086
Tereza Cristina	Prudentópolis	24°49'59"	51°09'00"	550	3.572
Porto Espanhol	Rio Branco do Ivaí	24°21'00"	51°25'00"	600	8.600
Ubá do Sul	Lidianópolis	24°02'59"	51°37'00"	380	12.701
Vila Rica	Fênix	23°54'00"	51°57'00"	290	19.300
Porto Bananeiras	Engenheiro Beltrão	23°40'00"	52°07'00"	275	24.200
Porto Paraíso do Norte	Paraíso do Norte	23°19'00"	52°40'00"	250	28.427
Novo Porto Taquara	Douradina	23°12'00"	53°19'00"	240	34.432

Fonte: ANA (2004). Segmento: Superior; Médio e Inferior (Mod. Destefani, 2005)

**Tabela 2 – Localização das estações pluviométricas.**

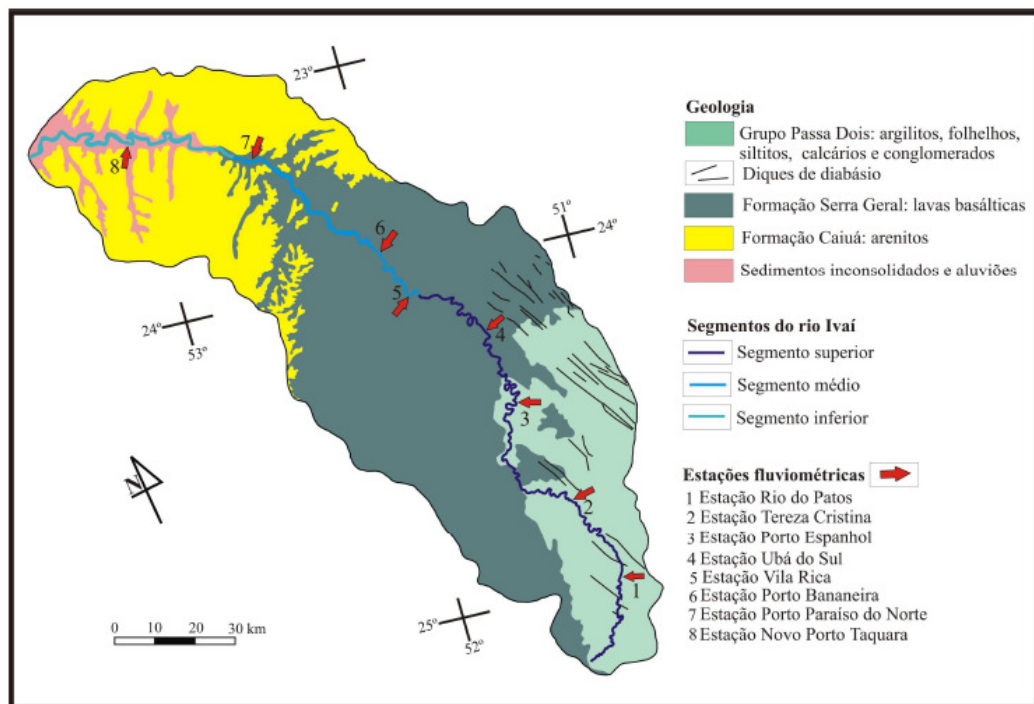
Nº	ESTAÇÃO	MUNICÍPIO	CORDENADAS GEOGRÁFICAS		ALTITUDE DO POSTO (M)
			LATITUDE	LONGITUDE	
1	Porto Paraíso do Norte	Paraíso do Norte	23°19'00"	52°40'00"	250
2	Tapejara	Tapejara	23°43'00"	52°52'00"	470
3	Cianorte	Cianorte	23°40'00"	52°34'59"	530
4	Sítio Floresta	Ivatuba	23°37'00"	52°10'59"	300
5	Santa Isabel do Ivaí	Loanda	23°00'00"	53°10'59"	400
6	Umuarama	Umuarama	23°43'59"	53°16'59"	480
7	Querência do Norte	Querência do Norte	23°04'59"	53°28'59"	360
8	Douradina	Douradina	23°22'00"	53°16'59"	450
9	Ubá do Sul	Lidianópolis	24°02'59"	51°37'00"	380
10	Tereza Cristina	Prudentópolis	24°49'59"	51°09'00"	550
11	Barra do Ribeirão Tavares	São João do Ivaí	24°04'00"	51°55'59"	330
12	Ivaiporã	Ivaiporã	24°15'00"	51°39'00"	360
13	Manoel Ribas	Manoel Ribas	24°30'00"	51°40'00"	972
14	Porto Espanhol	Rio Branco do Ivaí	24°21'00"	51°25'00"	600
15	Barragem Mourão	Campo Mourão	24°06'00"	52°19'59"	615
16	Campo Mourão	Campo Mourão	24°01'59"	52°20'59"	680
17	Iretama	Iretama	24°25'00"	52°05'59"	650
18	Mamboré	Mamboré	24°16'59"	52°31'00"	702
19	Rio dos Patos	Prudentópolis	25°12'00"	50°55'59"	690

FONTE: Andrade, 2003



### 3.2 Geologia e relevo

O rio Ivaí nasce no Segundo Planalto e corta todo o Terceiro Planalto no sentido noroeste. O Segundo Planalto é limitado, a leste, pela escarpa constituída por sedimentos devonianos, onde exibe uma paisagem suavemente ondulada, constituída de sedimentos paleozóicos do Devoniano, Carbonífero e do Permiano. Nas proximidades da escarpa triássico-jurássica, aparecem, no segundo planalto, mesetas isoladas e cadeias de mesetas formadas por rochas sedimentares e magmáticas básicas (diques, “sills” e derrames) (Fig. 3).



**Figura 3** – Unidades geológicas da bacia hidrográfica do rio Ivaí. Fonte: PARANÁ (1998); MINEROPAR (2000)

O Terceiro Planalto inicia-se no reverso da cuesta Triássico-Jurássica em altitudes entre 800 e 1.000 m, caindo diferenciadamente em direção ao rio Paraná. Essa unidade é formada por rochas eruptivas básicas, capeadas, a noroeste, por sedimentos areníticos de Mesozóico (Grupo Caiuá). Na porção do correspondente ao Grupo Caiuá, o relevo é uniforme e monótono, caracterizado por extensas chapadas e platôs suavemente ondulados, com divisores de água arredondados. Nas áreas correspondentes aos derrames de basalto, o relevo é mais movimentado, formado por uma série de mesetas e patamares cortados por vales profundos e

íngremes. O Terceiro Planalto é dividido pelo Planalto de Apucarana, onde se encontram pequenos espigões, cujas altitudes chegam a 1.200 metros e com altitudes aproximadamente de 600 metros, constituem divisores de águas secundários com vales mais profundos em direção ao rio Ivaí.

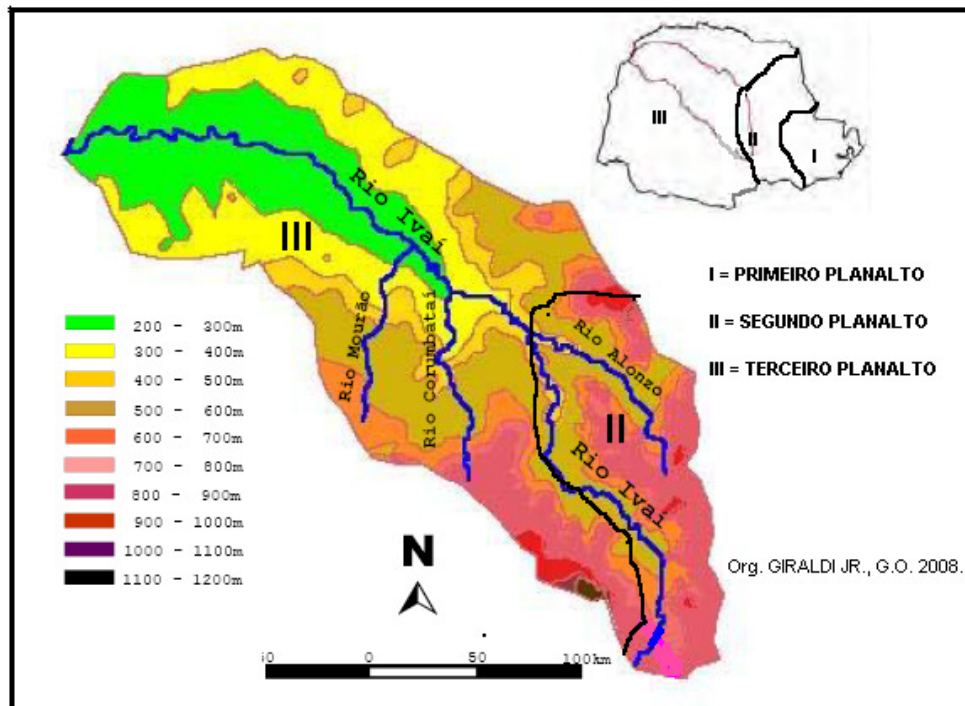


Figura 4 – Mapa hipsométrico da bacia do Rio Ivaí – PR.

O rio Ivaí está dividido em três segmentos – superior, médio e segmento inferior, conforme a proposta (MAACK, 1968).

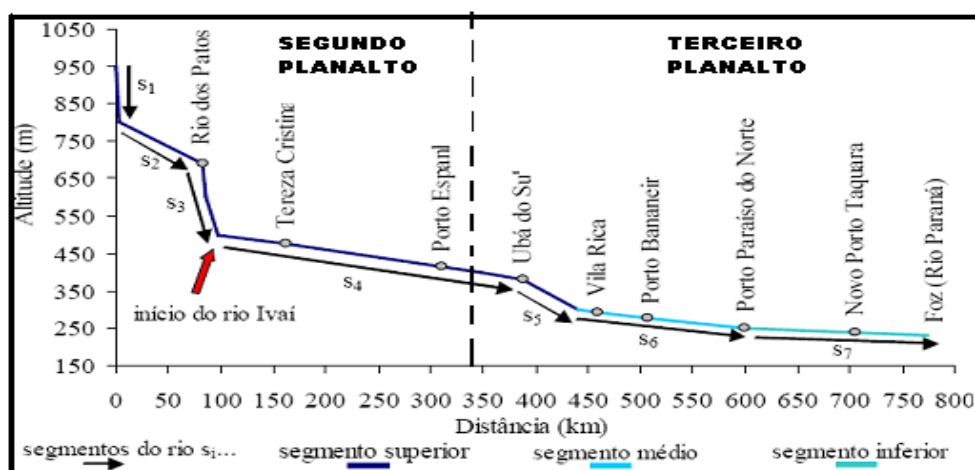


Figura 5 – Perfil longitudinal do rio Ivaí – elaborado por Destefani (2005).

O *segmento superior* possui uma extensão de aproximadamente de 440 km, abrangendo desde a sua nascente até pouco mais da confluência do rio Ivaí com o seu afluente, o rio Alonso. Nesse trecho, o rio Ivaí apresenta as declividades mais elevadas de toda a bacia, principalmente na região do Rio dos Patos até o rio São João, localizados no Segundo Planalto, em uma região serrana, a mais de 900 m de altitude. No trecho inicial, aproximadamente três quilômetros, o Rio dos Patos mostra um desnível de 150 metros, de uma altitude de 950 metros para 800 metros e em seguida, num trecho de aproximadamente 80 km até a estação fluviométrica Rio dos Patos situada a 650 m de altitude, que pode ser considerado o menos íngreme, pois apresenta um desnível de apenas 190 metros. O Rio dos Patos, nos próximos 14 km até a confluência com o rio São João, a 500 metros de altitude, sofre novamente uma queda de 190 metros. De tal ponto em diante, inicia-se o rio Ivaí, tendo declividades mais suaves. Até a estação fluviométrica de Ubá do Sul, o rio Ivaí apresenta um desnível de 120 metros, num percurso de 290 km e com um desnível superior de 120 metros, num percurso de 290 km, terminando o segmento superior com um desnível de 80 m distribuído em 54 km ( $s = 148 \text{ cm/km}$ ). O trecho mencionado anteriormente é constituído por substrato geológico, em um relevo formado por mesetas tabulares, que, cortadas pelo rio, formam “serras”, em degraus, com diversas ocorrências de saltos e corredeiras.

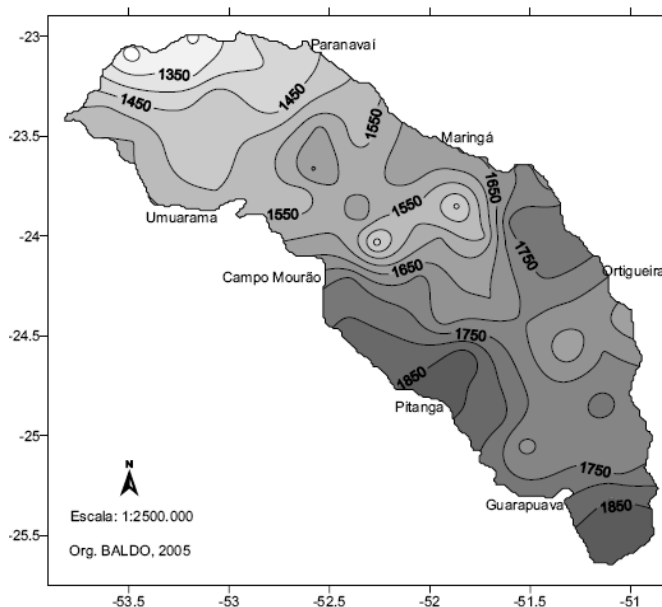
O *segmento médio* possui 170 km de extensão e altitudes de 300 a 250 m, constituindo uma declividade de  $s = 30 \text{ cm/km}$ . Nesse trecho, o rio Ivaí passa por rochas basalto, da Formação Serra Geral, correndo por patamares e mesetas de um relevo menos energético, com morros cada vez mais arredondados em direção a jusante.

O *segmento inferior* corresponde ao trecho aluvial, onde este corre por uma extensa planície de inundação, com 164 km de comprimento por até 6 a 10 km largura e uma calha pouco inclinado com altitude entre 250 a 230 m ( $s = 12 \text{ cm/km}$ ). A área apresenta um relevo de chapadas e colinas bem suaves, formadas por arenitos do Grupo Caiuá. Muito localmente aparecem pequenas corredeiras formadas por arenito silicificado ou ferruginizado.

### 3.3 Clima

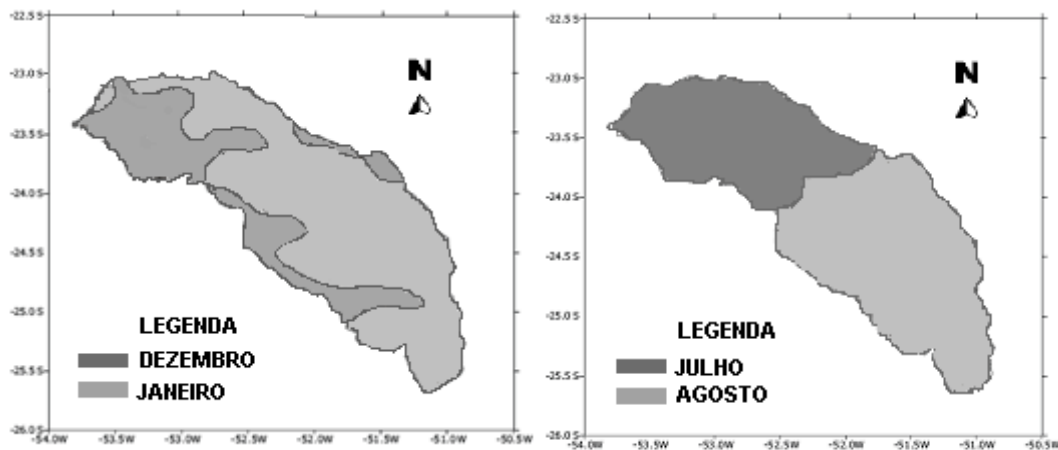
Dois fatores contribuem para que a bacia do rio Ivaí apresente uma forte variação no regime e na quantidade de precipitação de montante para jusante (Fig. 6). Por sua forma alongada e seu posicionamento SE-NW, o clima na bacia classifica-se em dois tipos principais: tropical, para os segmentos inferior e médio; e subtropical para o segmento superior (IAPAR,1994). Tal situação pode ser contada como um dos motivos da bacia apresentar uma pendente na precipitação média anual de mais de 30% entre os valores de cabeceira, que atingem 1.850 mm e os valores próximos à foz, que giram em torno de 1.350 mm (Fig. 6).

A topografia (gradiente e energia de relevo) atua no sentido de aumentar a turbulência do ar pela ascendência orográfica, notadamente durante a passagem de correntes perturbadas que na área de estudo, correspondem às frentes polares e as linhas de instabilidade. Dessa forma, outro fator que contribui para a pendente de precipitação existente na bacia é o efeito orográfico, que atua ao longo da mesma. Suas cabeceiras estão situadas nas partes mais altas e de relevo mais enérgico do Segundo Planalto, em altitudes máximas em torno de 1.200 m, até as regiões de relevo suave de sua foz, a 230 m de altitude.



**Figura 6.** Mapa de precipitações médias anuais na bacia do rio Ivaí. Observar a redução nos valores de montante para jusante provocado pelo efeito orográfico e pela mudança no tipo climático (Mod. de Baldo, 2006).

O regime de precipitações varia ao longo da bacia. Na área do baixo curso as maiores precipitações ocorrem em outubro, dezembro e janeiro, enquanto os menores valores acontecem nos meses de junho, agosto e abril. (Fig. 7). Andrade e Nery (2002) concluíram que a bacia sofre interferência dos fenômenos El Niño e La Niña.



**Figura 7** – Meses mais chuvosos (esquerda) e mais secos (direita) na bacia do rio Ivaí para o período de 1976 a 2001. (Mod. de Baldo, 2006).

Os fenômenos El Niño e La Niña surgem da ocorrência e da influência da Oscilação Sul (OS), que está relacionada à pressão do nível do mar no oceano Pacífico tropical, onde a diferença entre os desvios em relação à média das pressões registradas ao nível do mar (PNM) em Taiti (17°S, 150°W) e Darwin (12°S, 130°E), é definida como sendo o Índice de Oscilação Sul (IOS). O IOS é positivo quando há aumento da pressão maior que a média climatológica em Taiti e menor em Darwin onde, a circulação de Walker<sup>2</sup> revela movimento ascendente do ar sobre a Indonésia e pressão baixa em Darwin reforçando os ventos alísios próximos a superfície do mar (a oeste de Taiti). Observa-se também, que a circulação de Walker mantém uma convergência das camadas inferiores sobre a Amazônia favorecendo a ocorrência de chuva na região. Quando há diminuição da pressão atmosférica em Taiti e aumento em Darwin, ocorre o fenômeno inverso, ou seja, a fase negativa do IOS, aumentando em 2°C a temperatura do mar na área central do Pacífico tropical.

Após estas variações de pressão e temperatura no nível do mar, surge o El Niño Oscilação Sul (ENOS), que tem duas fases: a primeira é a negativa do IOS, com o

<sup>2</sup> Célula de circulação com movimentos ascendentes no Pacífico Central/Ocidental e movimentos descendentes no oeste próximos à superfície e de oeste para leste em altos níveis da troposfera.

aumento da Temperatura na Superfície do Mar (TSM) no Pacífico, também chamado de fase quente e denominado simplesmente de El Niño; a segunda é a fase positiva do IOS, com a conseqüente diminuição da TSM do Pacífico, considerada fase fria, denominada de La Niña.

A Oscilação Sul é o modo determinante da variabilidade interanual da precipitação pluviométrica na região sul do Brasil. Estas alterações no IOS influenciam na distribuição temporal e espacial nas regiões tropicais e subtropicais.

As variações no campo das TSM sobre o Pacífico Tropical estão associadas à PNM (Pressão ao Nível do Mar) que provocam mudanças nos ventos superficiais (Ventos Alísios). Nos anos extremos de OS (alta em Darwin e baixa em Taiti, ou seja, IOS negativos) em variação conjunta com El Niño (aquecimento anormal das águas oceânicas no Pacífico centro-oeste) e enfraquecimento dos ventos alísios, caracterizam o El Niño. Em geral o El Niño ocorre mais em dezembro, a cada 3 ou 4 anos.

A primeira fase do fenômeno ENOS, considerada positiva (El Niño), está associada ao enfraquecimento dos ventos alísios e caracteriza-se pelo aquecimento das águas superficiais do Pacífico Tropical e pelo registro negativo do IOS.

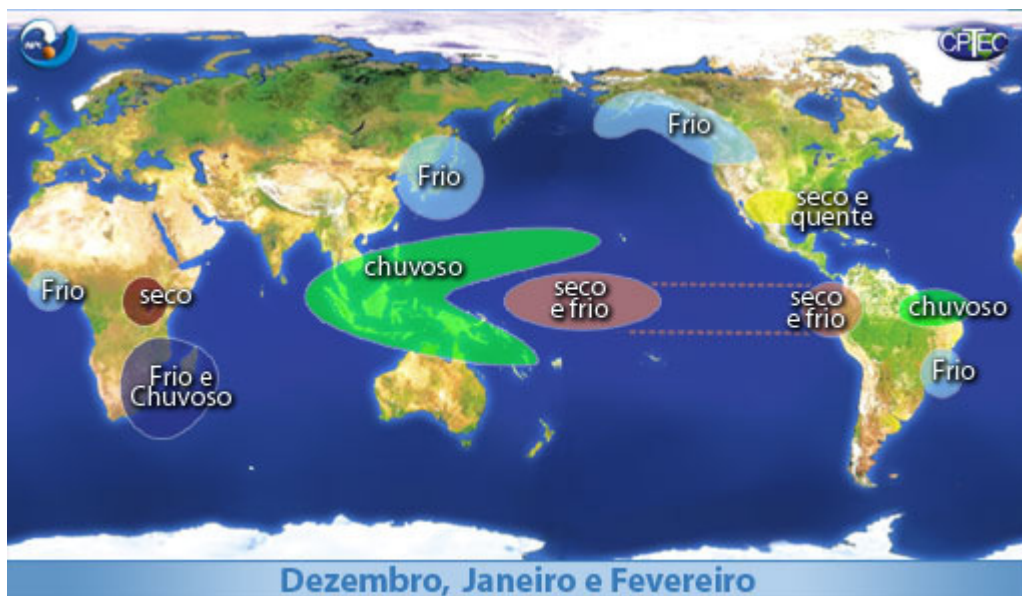


**Figura 8** Ocorrência do fenômeno El Niño no Brasil nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (CPTEC/INPE, 2008).

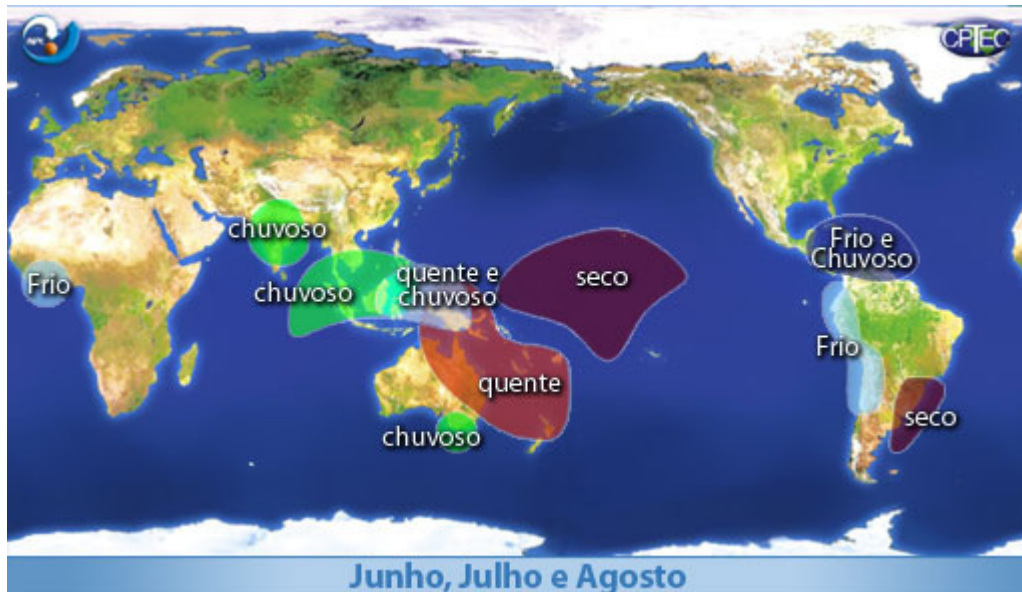


**Figura 9** Ocorrência do fenômeno El Niño no Brasil nos meses de junho, julho e agosto (CPTEC/INPE, 2008).

Na fase negativa do ENOS (La Niña), há um resfriamento das águas superficiais do Pacífico Tropical junto com o aumento na intensidade dos ventos alísios, ocorrendo aumento da velocidade, ficando acima da média climatológica.



**Figura 10** Ocorrência do fenômeno La Niña no Brasil nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (CPTEC/INPE, 2008).



**Figura 11** Ocorrência do fenômeno La Niña no Brasil nos meses de junho, julho e agosto (CPTEC/INPE, 2008).

A ocorrência do fenômeno ENOS (fase positiva), provoca chuvas de grandes proporções no Pacífico Central, região onde geralmente não chove, influenciando nos fatores climáticos de várias partes da Terra.

Devido à ocorrência da diminuição dos peixes na Costa do Peru sempre na época do Natal e por conviverem com este fenômeno há anos, os peruanos apelidaram esta ocorrência de El Niño (menino Jesus, em espanhol).

O El Niño faz com que os ventos em altos níveis, chamados de Jato Subtropical crie um bloqueio nos sistemas frontais que chegam nos estados de Santa Catarina e Paraná, permanecendo estacionados, aumentando as precipitações nesta região principalmente na primavera do ano que se inicia e no outono-inverno do ano seguinte com maior intensidade nas áreas próximas ao oceano (GRIMM, A. M.; GUETTER, A. K.; CARAMORI, P. H., 1997).

Nos anos de El Niño chove acima da média na Região Sul do Brasil, e a ocorrência de anomalias positivas na TSM (Temperatura da Superfície do Mar) dos oceanos Pacíficos e Atlântico podem influenciar na precipitação em toda a região Sul do Brasil.

Os efeitos do El Niño, desde o início do século XX têm afetado o clima do país, pois em 1997 no Sul e no Sudeste, as temperaturas durante o inverno ficaram amenas em e ocorrem altas temperaturas em dezembro deste mesmo ano e início de janeiro de 1998 no Sul e Sudeste e chuvas excessivas em outubro e novembro de 1997 na região Sul e a estiagem em parte da Amazônia no 2º semestre de 1997.



Estudos mostram que três regiões no Brasil, ou seja, três quartos do semi-árido do Nordeste, norte e leste da Amazônia, sul do Brasil e vizinhança, são afetadas pela mudança da circulação atmosférica durante a ocorrência do El Niño. A ocorrência deste fenômeno na Região Sul do Brasil faz com que haja aumento da precipitação, particularmente durante a primavera no primeiro ano e posteriormente no fim do outono e início de inverno no segundo ano. No norte e leste da Amazônia e no Nordeste do Brasil ocorre a diminuição da precipitação. No Sudeste do Brasil, ocorrem temperaturas mais altas, tornando o inverno mais ameno. Já para as demais regiões do país os efeitos são menores (CPTEC/INPE, 1998).

### 3.4 Vegetação

A vegetação do Estado do Paraná, durante os períodos glaciais do Pleistoceno, constituía-se de campos limpos e cerrados como clímax de um clima alternante semi-árido e semi-úmido. A mata conquistou a maior parte da área do Estado sob os fatores climáticos predominantes no Holoceno, quando começaram a dominar os campos a partir dos declives da escarpas e dos vales dos rios, transformando o Estado do Paraná numa das áreas mais ricas em matas do Brasil (MAACK, 1981).

De uma superfície total de 201.203 km<sup>2</sup>, a mata ocupava 168.482 km<sup>2</sup>, incluindo as orlas de mangue das baías, as matas subxerófitas de restinga da zona litorânea e as faixas de mata de neblina da Serra do Mar. Excluída estas três zonas de vegetação com 658 km<sup>2</sup> restam 167.824 km<sup>2</sup> para a primitiva mata virgem propriamente dita.

**Tabela 3** – Formações florísticas originais do estado do Paraná (MAACK, 1981)

FORMAÇÃO FLORÍSTICA	ÁREA (em km <sup>2</sup> )
Mata pluvial tropical-subtropical	94.044
Mata de araucária nos planaltos e na região da mata subtropical acima de 500 m s.n.m.	73.780
Campos limpos e campos cerrados (estepes de gramíneas baixas)	30.532
Vegetação das várzeas e pântanos	1.761
Vegetação das praias, ilhas, restinga e vegetação das regiões altas	529
Área das baías com faixas de mangue	557
TOTAL	201.203

A bacia do rio Ivaí era coberta por Floresta Ombrófila Mista e por Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 1993). No segmento superior da bacia, encontra-se a Floresta Ombrófila Mista, à que corresponde uma mescla da Floresta Estacional Semidecidual, apresentando característica de floresta subtropical, com pinheiros, entre os quais, a araucária (*Araucária Angustifolia*). A formação vegetal, neste segmento, recobre áreas de altitudes acima de 500 m, com temperatura média de 18°C, pluviosidade em torno de 1.800 mm anuais (IAPAR, 1978), com clima dominante Cfb (clima temperado úmido com verão temperado). Na passagem do Segundo para o Terceiro Planalto, no encontro do rio Ivaí com o rio Alonso, a Floresta Estacional Semidecidual domina até a foz do rio Ivaí, onde o clima, nesta mata dominante, é o Cfa (clima temperado úmido com verão quente) que, devido ao tipo de solo e das condições climáticas, possuindo aspectos diferentes em três porções da bacia. (MAACK, 1981).

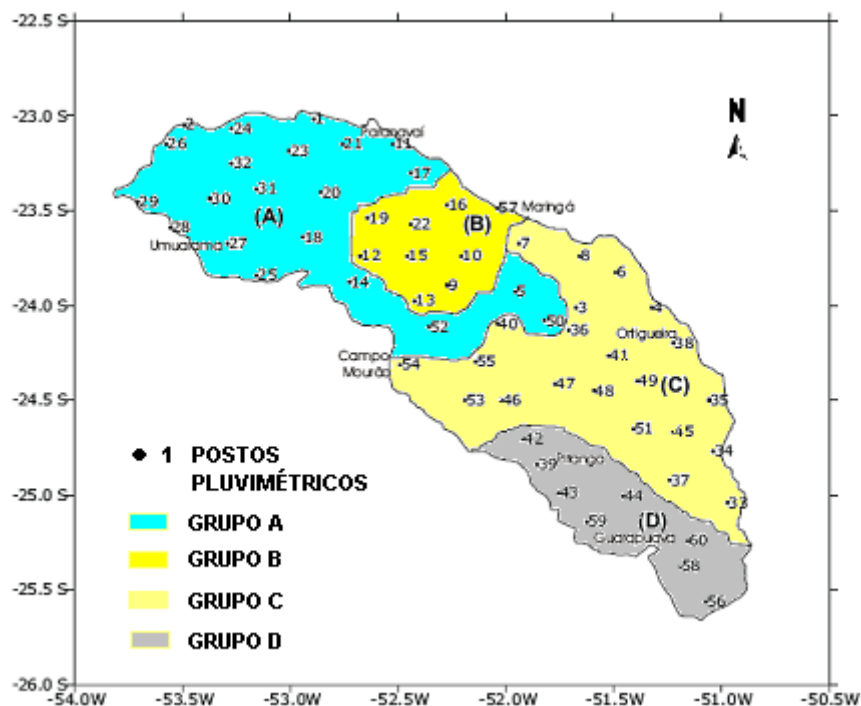
No segmento médio, a temperatura média é de 22°C, estando relacionada essa floresta ao clima de duas estações, uma chuvosa e outra seca, acompanhada de um período seco, de uma baixa térmica na área subtropical, com temperatura média em torno dos 15°C (IBGE, 1993). Devido a essa diferença de temperatura e à intensidade das chuvas, a referida floresta apresenta características tropicais com temperaturas mais quentes e menor umidade, enquanto que no sul a mesma formação vegetal, por influência da predominância de temperaturas mais amenas e chuvas mais abundantes, mostra características subtropicais.

Em seu segmento inferior, o rio Ivaí corre na Floresta Estacional Semidecidual, com características menos densas por se encontrar em solo mais arenoso por influência da Formação Caiuá, enquanto que a mata de maior exuberância possui como embasamento o basalto.

#### 4. FUNDAMENTAÇÃO E PREMISSAS ADOTADAS

O objetivo deste trabalho é uma tentativa de compreensão dos diferentes tipos de cheias do rio Ivaí, assim sendo sua relação com o padrão de distribuição espaço-temporal da pluviometria. Para tanto, utiliza-se principalmente o trabalho de Destefani (2005).

Baldo (2006) considerou os dados mensais de pluviosidade e aplicou a estatística descritiva para a análise mensal, trimestral, sazonal e anual no período de 1976 a 2001, nos 60 postos considerados na pesquisa feita pelo autor citado acima. Através da análise de *cluster*, cada porção da bacia foi estudada, delimitando as regiões que apresentassem similaridade no padrão pluviométrico. Para esta regionalização foi utilizado o método de classificação hierárquica, análise de agrupamento que produziu quatro grupos homogêneos (Figura 12).



**Figura 12** – Classificação dos postos pluviométricos obtidos através da análise de agrupamento, para a bacia do rio Ivaí. Mod. de Baldo (2006).

**Grupo A** - Com precipitações médias anuais em torno de 1.443 mm, considerada a mais baixa de toda a bacia. Os anos de 1983, 1992 e 1997 apresentaram respectivamente, 2.045,0 mm, 1.732,9 mm e 1.790,1 mm de precipitação, sendo eles, por estarem acima da média de precipitação,

considerados anos chuvosos, enquanto que os de 1978, 1985 e 1988 foram tidos como anos secos, conforme demonstram suas respectivas precipitações: 1.012,7 mm, 1.106,1 mm e 1.148,2 mm.

**Grupo B** - Apresenta precipitação média anual de 1.609,7 mm, sendo considerados anos chuvosos os anos de 1983, 1990 e 1997, com suas respectivas precipitações: 2.348,3 mm, 1.935,0 mm e 1.951,2 mm; como anos secos os de 1978, 1988 e 1985, com as respectivas precipitações de 1.076 mm, 1.164,2 mm e 1.201,6 mm.

**Grupo C** - Encontra-se em uma área de transição entre o Segundo e Terceiro Planalto, onde, também na mesma área, ocorre entre o clima tropical e subtropical, com pluviosidade média anual de 1.706,9 mm. Analisando-se toda a série histórica, as maiores precipitações ocorreram nos anos de 1983, com 2.361,7 mm; 1998, com de 2.107,1 mm ; 1997, com precipitação de 1.982,3 mm, sendo que as menores precipitações ocorreram nos anos de 1985, 1978 e 1988, com valores respectivos de 1.218,9 mm, 1.273,7 mm e 1.345,0 mm.

**Grupo D** - Localizado no curso superior do Rio Ivaí, com formas de relevo semelhantes ao grupo C, apresenta uma média anual de precipitação de 1.821,8 mm; os valores registrados neste grupo são sempre superiores aos das demais áreas da bacia, ocorrendo os maiores pluviométricos para esse grupo nos anos de 1983, 1998 e 1997, com os seguintes valores respectivos de precipitação: 2.674,0 mm, 2.328,2 mm e 2.194,3 mm, como também os menores valores aconteceram nos anos de 1985, 1991 e 1988, com as respectivas precipitações: 1.145,3 mm, 1.298,9 mm e 1.315,0 mm.

#### **4.1 Regime Hidrológico do Rio Ivaí**

Embora vários autores tenham recentemente estudado, sob diferentes aspectos, o regime hidrológico do rio Ivaí (BIAZIN, 2005, FRANCO, 2007) foi Destefani (2005) que enfatizou as características de suas cheias. Além disso a referida autora estudou, ainda que genericamente, a influência da relação da morfologia do canal e da planície no desenvolvimento e propagação das ondas de cheias. Destefani (op. cit.) usou a periodicidade, estacionariedade, frequência, duração e recorrência das vazões para determinar tipos de padrões de cheias. Os tipos de cheia foram caracterizados por meio das formas com que os registros de

vazão se distribuem nos fluviogramas. Em tal estudo, foram consideradas as cheias extraordinárias (de magnitude superior à vazão média das cheias anuais) e as cheias ordinárias (de magnitude até a vazão média das cheias anuais), sendo que também foram elaborados hidrogramas de vazão diária referentes ao período de doze meses do ano da cheia considerada, comparando-se os hidrogramas das cheias de todas as estações consideradas na sua pesquisa.

Sendo assim, foram identificadas três tipos de cheias, A, B e C:

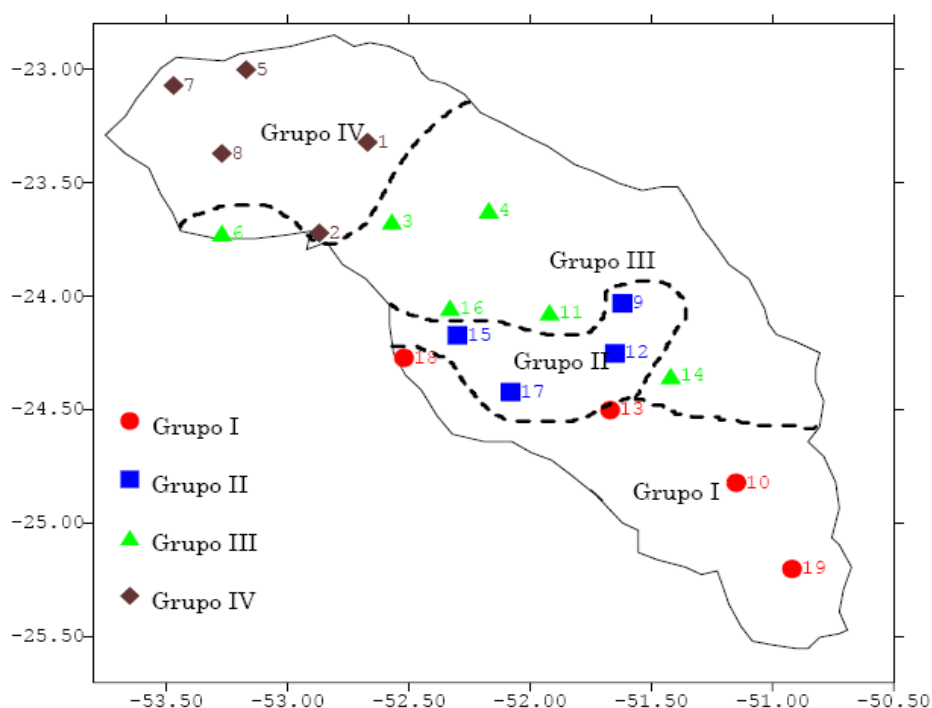
a) Cheia Tipo A - É formada por um pico principal, sucedido por vários picos (repiquetes) que aumentam ou diminuem de magnitude, sucessivamente, caracterizando um efeito cascata. É formada, em média, por sete picos, ocorrendo até duas vezes por ano, podendo ser observado na série histórica dos anos de 1983 e 1998.

b) Cheia Tipo B - Apresenta três picos sucessivos de subida rápida, sendo geralmente dois os de magnitude mais importante. Esse tipo de chuva ocorreu nos anos de 1975, 1987, 1989, 1999.

c) Cheia Tipo C - É uma cheia de comportamento mais simples e freqüente tendo apenas um pico principal de subida relativamente rápida, que pode ou não vir acompanhado de vários picos sem significado importante. É observada, pelo menos, nos anos de 1985, 1991, 1992 e 1995.

## 4.2 Variabilidades Pluviométricas na Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí

Andrade (2003), a partir da análise multivariada, utilizou o método de Ward com distância euclidiana, definindo grupos homogêneos com comportamento similar de precipitação à jusante da bacia, outro à montante e duas áreas de transição definidas no curso médio da bacia, definindo-os conforme pode ser observado na Figura 13, referente às estações climáticas.



**Figura 13** – Classificação dos postos pluviométricos segundo os grupos similares para a bacia do rio Ivaí. Mod. de Andrade (2003).

**a) Grupo I** – Este grupo, localizado na parte alta da bacia, encontra-se em uma área de transição entre o Segundo e o Terceiro Planalto com média anual de precipitação próxima a 2.000 mm. Os valores altos registrados de precipitação ocorrem por influência das altitudes que variam entre 600 e 1.200 metros, e como também do tipo climático predominante, o subtropical, que possui uma característica de distribuição homogênea da precipitação pluviométrica.

**b) Grupo II** – Neste grupo, estão localizados 4 postos situados no curso médio do rio Ivaí, em uma área de transição entre o Segundo e Terceiro Planalto. A região coberta por esse grupo encontra-se na área de transição entre o clima tropical e subtropical, onde a pluviosidade média anual é de 1.700 mm.

**c) Grupo III** – É constituído de seis (06) postos pluviométricos que apresentam valores semelhantes, localizando-se em uma área de transição entre o médio e o baixo Ivaí, no Terceiro Planalto, no norte da bacia. Possui características climáticas semelhantes as do grupo A, mas as médias pluviométricas anuais são superiores devido o relevo nesta região ser mais elevado, uma vez que os sistemas frontais, no sentido sul e sudoeste da bacia, propiciam valores pluviométricos mais altos em comparação ao grupo anterior. Apresenta precipitação média anual de 1.700 mm, ficando semelhante ao Grupo II.

**d) Grupo IV** – Localizado no baixo Ivaí, possui 5 postos pluviométricos com precipitações medias anuais de 1.400 mm, considerada a mais baixa de toda a bacia, estando tal área vinculada ao clima tropical semi-úmido do Brasil Central, em que o regime anual de chuva caracteriza-se por apresentar uma onda anual bem marcada, ou seja, no verão, uma acentuada concentração de chuvas de instabilidade tropical, e, no inverno, a ausência delas (NIMER, 1989).

#### **4.3. Origem das precipitações na bacia**

Os meses de janeiro e fevereiro são os mais chuvosos na área de estudo, ocorrendo a montante precipitações superiores a 210 mm. Esse tipo de precipitação tem origem: a) orogenética (principalmente nas precipitações acima da cota 1.000); b) passagem dos sistemas frontais nos sentidos sul e sudoeste que chegam com maior intensidade à montante da bacia. A partir de março ocorre gradativa redução, às vezes, um pouco irregular, permanecendo ainda o predomínio das precipitações mais elevadas (~170 mm) nas regiões média e alta da bacia. A mencionada precipitação se dá devido à entrada de frentes polares com moderada intensidade que, ao se encontrarem com os sistemas mais aquecidos, provocam zonas de instabilidade, aumentando os índices pluviométricos. Nos meses de junho a agosto, ocorre um decréscimo da pluviosidade com precipitações próximas a 80 mm, enquanto que a montante a pluviosidade média mensal fica acima de 140 mm. A partir de outubro ocorre aumento na média mensal de pluviosidade, principalmente na parte baixa da bacia, aonde os valores chegam a ser superiores a 170 mm, seguindo em aumento gradativo até dezembro.

## 5. METODOLOGIA

Os tipos de padrões de cheias definidos por Destefani (2005) foram confrontados com o regime de precipitação elaborado por Baldo (2006) e por Andrade (2003) para a bacia do rio Ivaí. Basicamente essa comparação foi obtida pela superposição do fluviograma do respectivo rio para cada ano padrão com o gráfico de precipitação diária no período de 1974 a 2001. Gráficos detalhados foram construídos exclusivamente para o período de cheia.

A espacialização dos dados de precipitação foi elaborada a partir do que foi fornecido pelo Atlas dos Recursos Hídricos do Estado do Paraná; pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental; pelo Instituto Agrônomo do Paraná; Instituto Nacional de Meteorologia; Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Através dos dados oferecidos pelos institutos mencionados acima, o ano de 1983, em todos os postos estudados na bacia, apresentou valores de precipitação muito acima da média, sendo considerado o mais chuvoso em toda a série histórica vista.

Os anos de 1982, 1990, 1992, 1997 e 1998 foram classificados como tendentes a chuvosos, na maioria dos postos, por terem seus valores elevados quando comparados aos dos anos habituais, não sendo classificados como chuvosos quando comparados com o de 1983, uma vez que neste ano os valores foram tidos como acima da média.

O ano de 1978 foi considerado o mais seco de toda a série. Dos 60 postos estudados por Baldo (2006), 40 foram classificados como seco e 20 tendentes a seco e também os de anos de 1985 e 1988, em análise feita em todos os postos, foram registrados os menores valores enquanto que os anos de 1977, 1984, 1991 e 1999 foram classificados como tendentes a seco.

Os anos de 1998, 1999 e 2001, após análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação anual em toda série histórica, foram considerados respectivamente, como “padrão chuvoso”, “padrão seco” e “padrão habitual”.

Foram analisados os dados referentes às cheias ocorridas no período estudado e feita a correlação das cheias dos Tipo A, B e C, com as precipitações



das estações pluviométricas próximas às estações fluviométricas estudadas conforme demonstra a tabela 4 abaixo.

**Tabela 4** – Correlação das estações fluviométricas x pluviométricas analisadas no período de 1974 a 2001.

ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS		ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS
PORTO TAQUARA	X	DOURADINA
PORTO PARAISO DO NORTE	X	PORTO PARAISO DO NORTE
PORTO BANANEIRA	X	CAMPO MOURÃO
VILA RICA	X	BARRA DO RIBEIRÃO TAVARES
UBÁ DO SUL	X	UBÁ DO SUL
PORTO ESPANHOL	X	PORTO ESPANHOL
TEREZA CRISTINA	X	TEREZA CRISTINA
RIO DOS PATOS	X	RIO DOS PATOS

A tabela a seguir foi elaborada por meio do estudo da correlação entre as estações fluviométricas e pluviométricas citadas acima, como também da análise estatística. Foram consideradas as vazões diárias e, aplicando-se a equação de Sturges, definiu-se o número de classes através da equação (1) e a amplitude dos intervalos de classe, pela equação (2). A freqüência das precipitações foi feita pela contagem do número de ocorrências pertencentes a cada intervalo de classe, sendo as precipitações classificadas como: baixa, média-baixa, média, média-alta e alta, conforme se pode observar na tabela abaixo.

Através das equações abaixo, definiu-se os intervalos nos quais os grupos se encontram.

$$m = 1 + 3,3 \log (n) \quad (1)$$

Onde:

m = intervalo de classe

n = número de precipitações da série

$$A = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{m} \quad (2)$$

Sendo:

A = amplitude do intervalo de classe

$Q_{\max}$  = vazão máxima da série histórica

$Q_{\min}$  = vazão mínima da série histórica

m = número de intervalo de classe

**Tabela 5** – Classificações das Precipitações Totais Mensais

<b>CLASSIFICAÇÕES DAS PRECIPITAÇÕES</b>					
<b>BAIXA</b>	<b>MÉDIA - BAIXA</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>MÉDIA - ALTA</b>	<b>ALTA</b>	
< 520	520 a < 610	610 a < 700	700 a < 760	≥ 760	
<b>CHUVA TIPO A</b>			GRUPO 4	GRUPO 3	GRUPO 1 e 2
<b>CHUVA TIPO B</b>			GRUPO 3 e 4	GRUPO 2	GRUPO 1
<b>CHUVA TIPO C</b>	GRUPO 4	GRUPO 1 e 3	GRUPO 2		

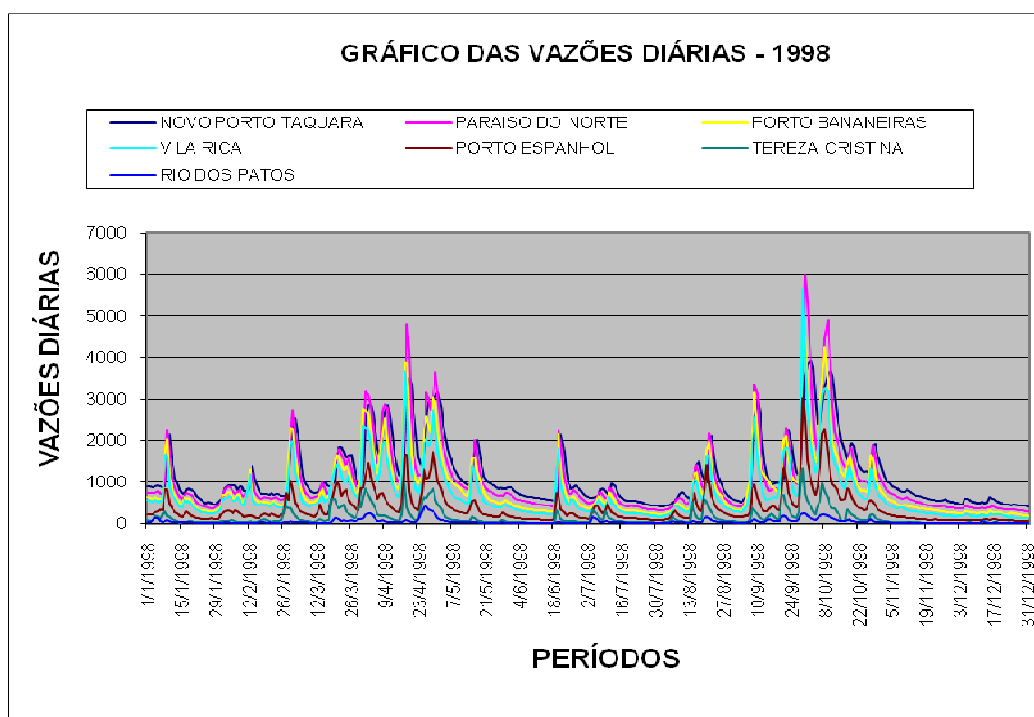
Através dos intervalos e classificações das precipitações (Tabela 5) calculados pelas equações 1 e 2, determinou-se uma classificação para cada tipo de chuva, conforme os grupos 1, 2, 3 ou 4 definidos por Andrade (2003).

## 6. ANÁLISE E DISCUSSÃO QUALITATIVA E SELETIVA DOS RESULTADOS DA CORRELAÇÃO DAS CHEIAS TIPO A, B e C COM A PLUVIOSIDADE

Segue abaixo a correlação referente às Cheias Tipo A, B e C com as precipitações estudadas.

### 6.1. Cheia Tipo A

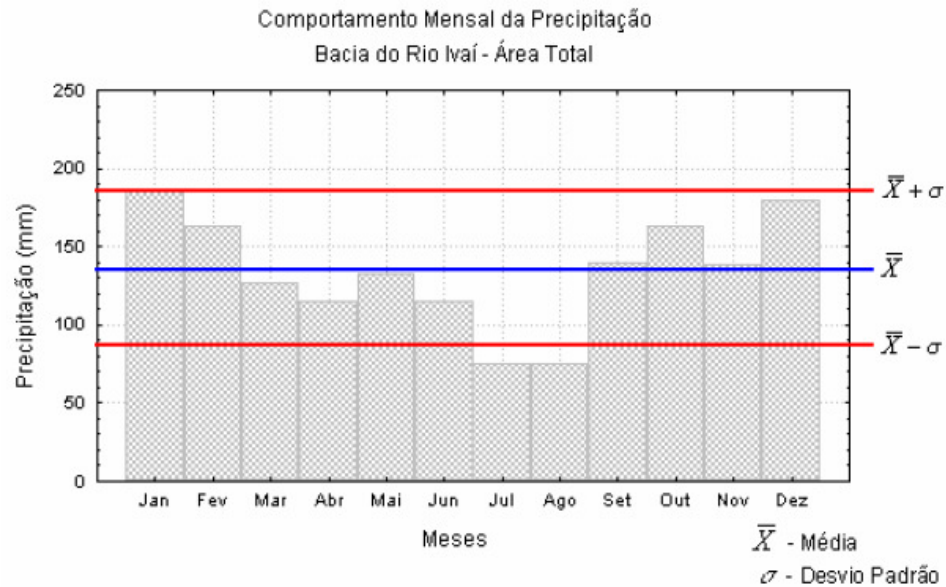
As cheias do Tipo A são de grande magnitude, apresentando maior volume e duração, sendo, por isso mais raras. São constituídas de um pico principal mais importante, precedido e/ou sucedido de outros picos que aumentam e diminuem de magnitude sucessivamente caracterizando o efeito cascata. Tal tipo de cheia ficou bem caracterizado no período estudado, através das cheias ocorridas em 1983 e 1998, considerados anos chuvosos, entretanto será apenas estudada a cheia relativa a 1998.



**Figura 14** – Cheia tipo A ano de 1998.

No ano de 1998, ocorreram dois picos de grande magnitude: o primeiro, com vazão próxima a 5.000 m<sup>3</sup>/s, ocorreu em abril, enquanto que o segundo, com magnitude superior, chegando aproximadamente a 6.000 m<sup>3</sup>/s, teve seu pico em

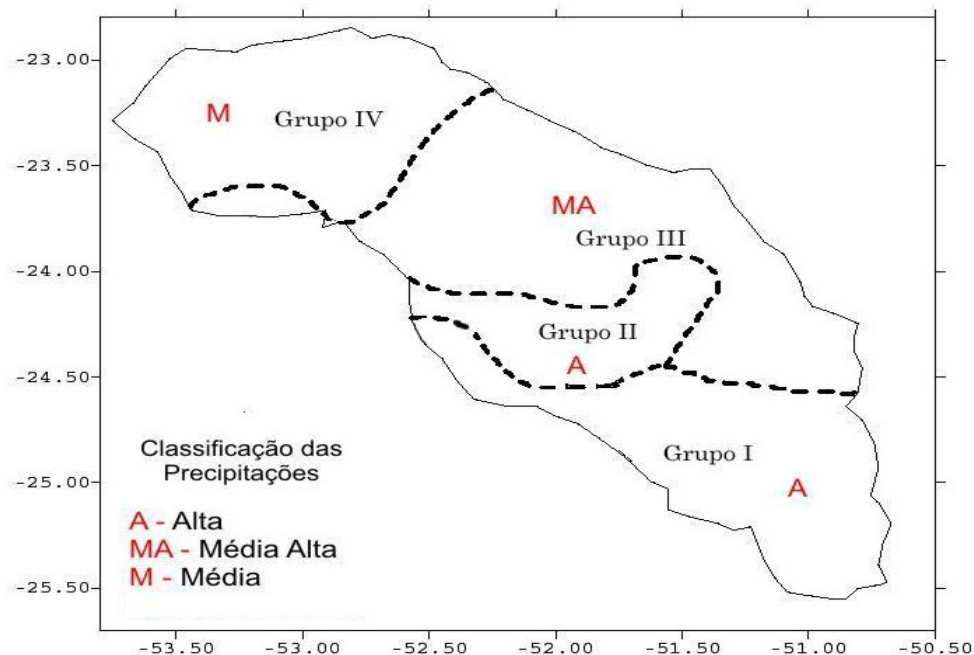
outubro. Em decorrência da maior vazão ter acontecido no mês mencionado anteriormente, como também devido o segundo maior pico também ter se dado em outubro, a análise comparativa deste aumento da vazão será feita nos meses de maior ocorrência de tal aumento, ou seja, de setembro à primeira quinzena de novembro, conforme se pode observar na figura acima.



**Figura 15** – Distribuição Mensal da Precipitação Pluviométrica – 1974 a 2001.

Mod. de Andrade (2003).

Na Figura 15, nos meses de setembro, outubro e novembro, as precipitações ficaram acima do valor médio, destacando-se o mês de outubro, em que chegam em torno de 160 mm, conforme estudo realizado no período de 1974 a 2001



**Figura 16** – Classificação das precipitações – Chuva Tipo A.

A chuva Tipo A, ocorrida no ano de 1998, mostra, na classificação das precipitações em toda a bacia (Figura 16), certa coerência com relação à classificação, ou seja, de montante, passando pelo curso médio e chegando à jusante, as precipitações comportaram-se de forma decrescente, tendo, na parte superior da bacia Altas precipitações, passando por Média-Alta e chegando à Média na parte inferior.

Em análise feita por Baldo (2006), o mês de setembro apresentou valores significativos de pluviosidade e, por ser o fim do inverno e o começo da primavera, ocorrem atividades anticiclones migratórias polares, aumentando o aquecimento pela maior insolação no interior, ocasionando grandes instabilidades tropicais, responsáveis pelas chuvas e no estudo realizado por Andrade (2003), o ano de 1998 destacou-se com valores de precipitação pluviométrica significativamente maiores que os médios do período de estudo, sendo classificado de ano de El Niño intenso.

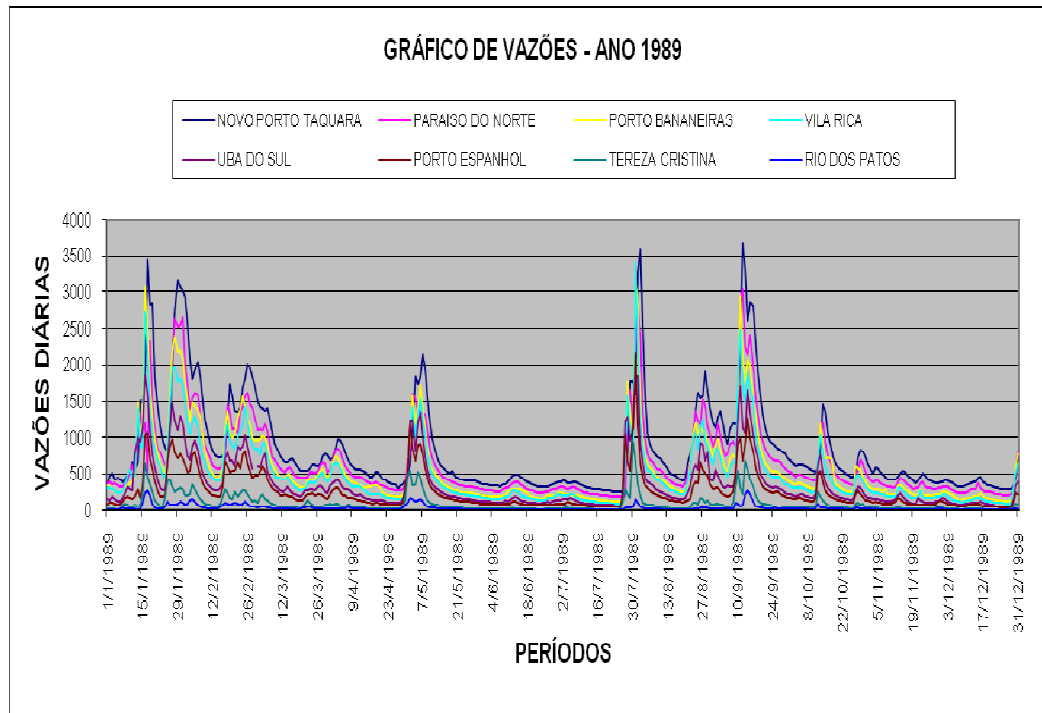
As precipitações ocorridas no Grupo I e II (Figura 16), no período de 01/08 a 30/11, foram classificadas como de Alta precipitação devido a ocorrência de pico de cheia superior a 760 mm, ou seja, em torno de 766 mm(Tabela 5).

O Grupo III (Figura 16), localizado na parte média da bacia, ficou com uma classificação de precipitação Média-Alta, sendo consideradas as precipitações dentro de um intervalo entre 700 a 760 mm(Tabela 5).

A porção jusante da bacia, onde se situa o Grupo IV(Figura 16), as precipitações ocorridas ficaram dentro da classificação de precipitação Média, cujo intervalo foi de 610 a 700 mm (Tabela 5).

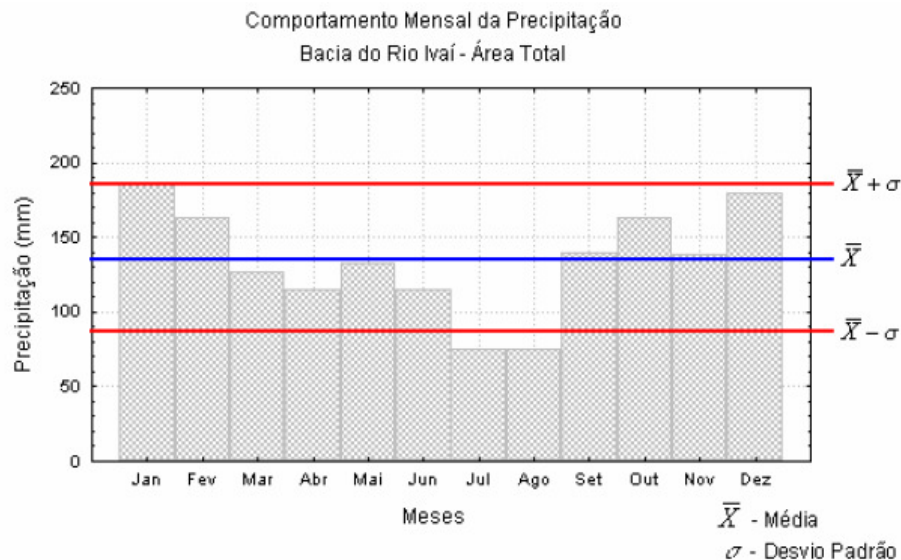
## **6.2. Cheia Tipo B**

As cheias do Tipo B apresentam três picos sucessivos de subida rápida, sendo geralmente dois de magnitude mais importante. Essas cheias são freqüentes e podem acompanhar as de Tipo A. As mesmas são observadas nos anos de 1975, 1989, 1987, 1999 entre outros, sendo que será estudada somente a cheia referente a 1989.



**Figura 17** – Cheia Tipo B ano de 1989

Na figura acima, pode-se notar três picos bem distintos ocorridos no ano de 1989. Em janeiro, a vazão chegou próxima a 3500 m<sup>3</sup>/s; já nos meses de julho e setembro, as vazões ficaram acima de 3500 m<sup>3</sup>/s.

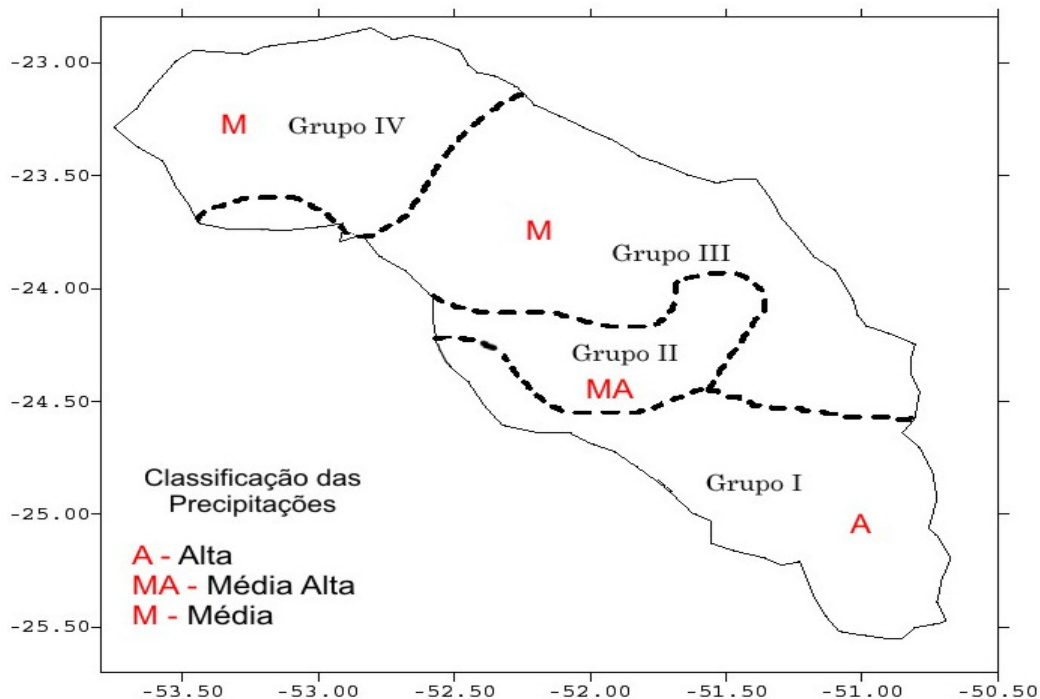


**Figura 18** – Distribuição Mensal da Precipitação Pluviométrica – 1974 a 2001.

Mod. de Andrade (2003).

O mês de janeiro foi considerado um dos mais chuvosos na área de estudo, tendo os valores ultrapassado a 190 mm, ficando acima da média. Apesar do mês de julho ter ficado abaixo da média, o pico da vazão, ocorrido em setembro de 1989,

está compatível com as precipitações registradas no referido mês, onde as mesmas ficaram acima da média no período estudado, ou seja, de 1974 a 2001. (Figura 18)



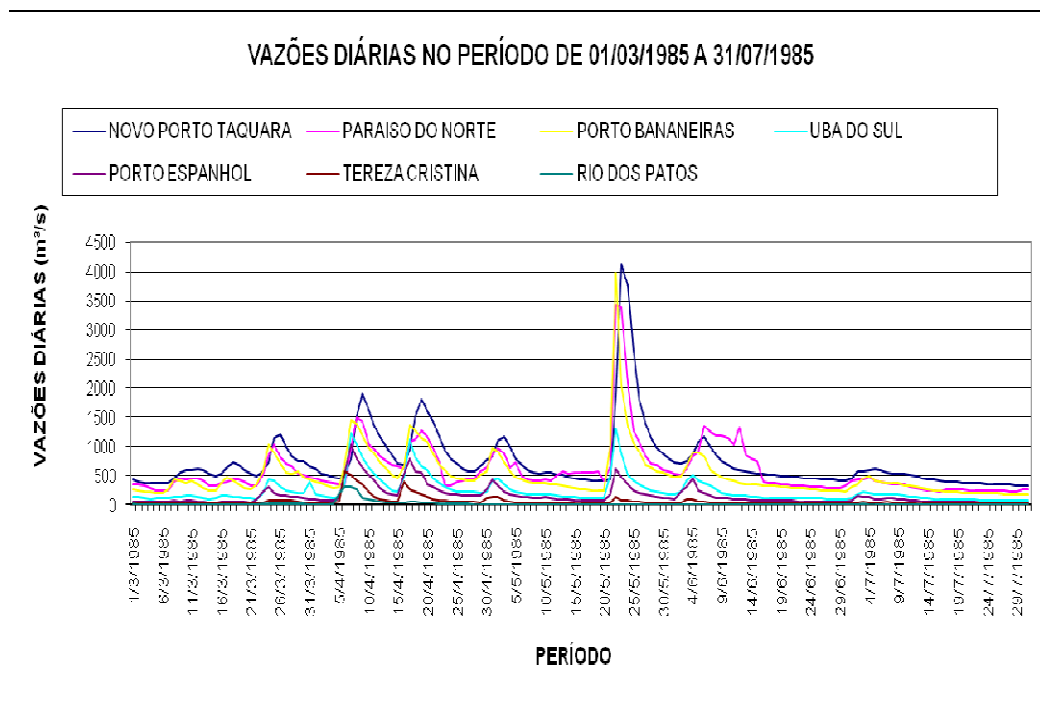
**Figura 19** – Classificação das precipitações – Chuva Tipo B

Na classificação das precipitações (Figura 19), o Grupo I, localizado à montante da área estudada, ficou como sendo de Alta precipitação, podendo tal ocorrência ter a influência das grandes altitudes encontradas nesta região. Nesta classificação, na qual são consideradas precipitações acima de 760 mm (Tabela 5), o Grupo I foi o que obteve a maior precipitação comparando-se com as outras cheias estudadas, ou seja, as Cheias Tipo A e C, com precipitações médias de 777 mm.

Nos Grupos II, III e IV, a classificação das precipitações apresenta-se decrescente, sendo que, no Grupo II, classificado como de Média precipitação, onde as precipitações estão entre 700 e 760 mm (Tabela 5), tendo o mesmo alcançado média de 722 mm; nos Grupos III e IV, as precipitações foram respectivamente, de 661 mm e 680 mm, ficando classificados como de Média precipitação.

### 6.3. Cheia Tipo C

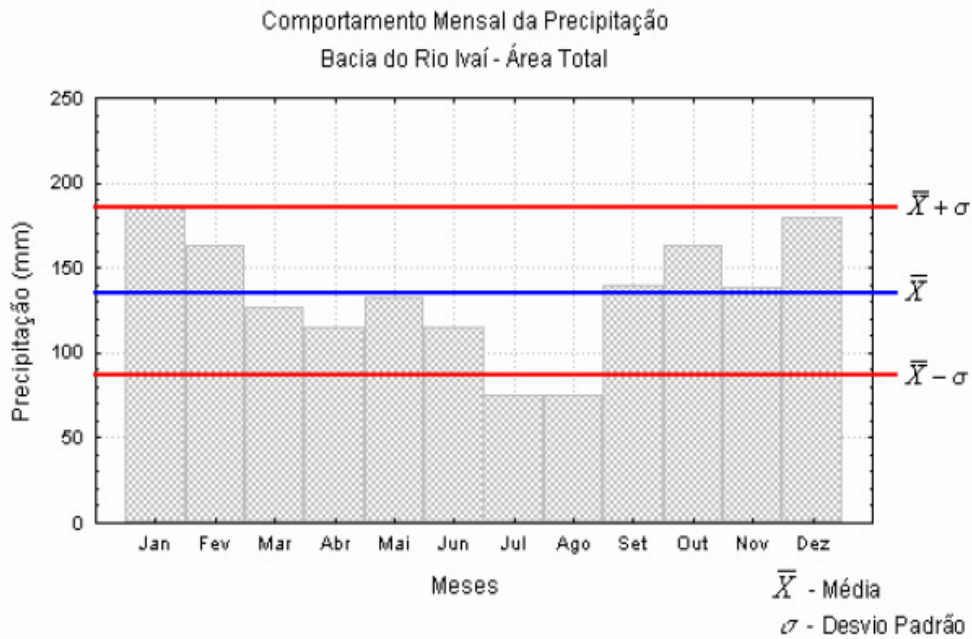
As cheias do Tipo C são consideradas as mais simples e caracterizam-se por possuir apenas um pico de subida relativamente rápido, sendo acompanhadas, ou não, por vários picos não significativos. Foram observadas cheias desse tipo nos anos de 1985, 1991, 1992 e 1995, mas será analisado apenas o ano de 1985. (Figura 20).



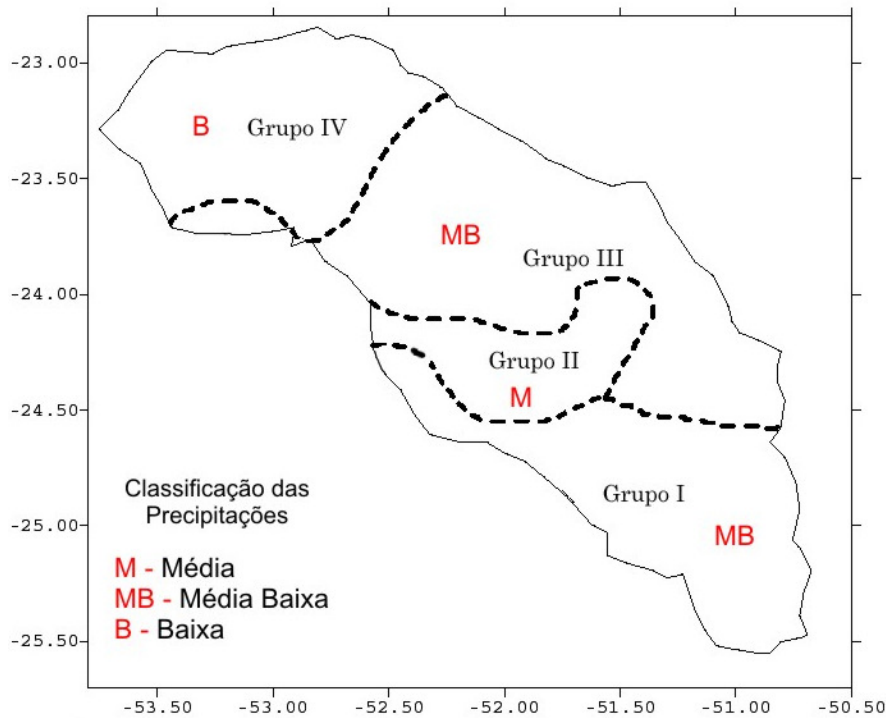
**Figura 20** – Cheia tipo C ano de 1985 .

Na Figura 21, percebe-se que, nos meses de março, abril e junho, as precipitações ficaram abaixo do desvio padrão, com exceção de maio, quando quase se igualou a média mensal de toda a série estudada no período (1974 a 2001). Esta, provavelmente tenha sido a causa dos picos de vazões ocorridas em maio de 1985.





**Figura 21** – Distribuição Mensal da Precipitação Pluviométrica – 1974 a 2001.  
Mod. de Andrade (2003).



**Figura 22** – Classificação das precipitações – Chuva Tipo C

Analisando a Figura 22, observa-se que as precipitações ocorridas à jusante da bacia mostram que o Grupo IV ficou na classificação relacionada à área de Baixa precipitação (Tabela 5), onde as mesmas foram inferiores a 520 mm.

Na porção montante da bacia e parte da porção média, conforme Figura 22, onde se encontram os Grupos I e III respectivamente, as classificações das precipitações foram consideradas como Média-Baixa (Tabela 5), ficando os índices pluviométricos na série estudada entre 520 a 610 mm.

O Grupo II, localizado na porção média do curso do Ivaí, encontra-se em uma região onde as precipitações, em função de estarem no intervalo entre 610 a 700 mm, foram classificadas como Médias (Tabela 5).

Apesar de as precipitações consideradas Médias, terem sido classificadas no Grupo II, os picos ocorridos na Cheia Tipo C foram ocasionados por precipitações consideradas Média-Baixa (Tabela 5), ocorridas no Grupo III. Embora o ano de 1985, de acordo com Andrade (2003), ter sido registrado como o segundo mais seco de todo o período, a La Niña, no respectivo ano, foi de fraca intensidade, ocorrendo, desse modo, precipitações com maior intensidade.

## 7. CONCLUSÃO

Neste trabalho, pode-se elaborar e distinguir as divisões das precipitações na bacia do rio Ivaí, como também sua relação com o regime de suas inundações mais típicas. De um modo geral, há um forte controle orográfico na precipitação, contudo o mesmo não interfere diretamente no tipo de cheia. Por ser alongada, o regime de precipitação diferencia-se ao longo da bacia, não apenas pelo efeito orográfico, mas também pela exposição diferenciada às massas frontais e pela diferenciação de zonas climática. Essa mesma característica de bacia alongada faz com que as sub-bacias sejam relativamente de pequeno porte, com tempo de concentração (tempo que a água da chuva atinja o canal principal) bastante curto, dando uma resposta rápida e bem controlada pelas chuvas locais.

A referida característica permite a definição bastante clara de quatro grupos homogêneos de precipitação reconhecidos também por Andrade (2003) e por Baldo (2006). Por outro lado, as inundações que atingem a bacia apresentam pequena variabilidade quanto à magnitude, extensão e ocorrência de repiquetes, o que permitiu sua classificação em três tipos (Destefani, 2005).

O cruzamento dos grupos homogêneos com os tipos de cheia, elaborado no presente trabalho, propiciou a definição dos controles espaciais e temporais do tipo de cheias do rio Ivaí. Assim pode-se definir que:

As *Cheias tipo A* (de grande magnitude e duração, mais raras) são controladas por Altas precipitações nas cabeceiras (orográficas) associadas a precipitações Médias a Médias-altas no médio curso. O grupo homogêneo IV, que corresponde a baixa bacia, não contribui para esse tipo de enchente, que provavelmente deve estar associada a eventos de El Niño;

As *Cheias do tipo B* (apresentam três picos sucessivos de subida rápida, sendo geralmente dois de magnitude mais importante) são controladas por alta precipitação na média-alta e alta na bacia, com marcado controle orográfico, uma vez que a contribuição da precipitação na média e baixa bacia é pouco significativa;

As *Cheias do tipo C* (caracteriza-se por possuir apenas um pico de subida relativamente rápido, com repiquetes não significativos) ocorrem em anos de menor precipitação, pois as precipitações nos grupos I e III (cabeceira e média bacia são moderadas) podem estar relacionadas a anos de La Niña.

A metodologia empregada é simples, barata e de fácil aplicação em bacias com razoável série histórica de pluviometria e nível do rio. Seu emprego pode constituir uma boa ferramenta para o gerenciamento da bacia de médio a grande porte. Sua aplicabilidade estende-se diretamente à previsão de cheias (intensidade e duração), na orientação para lavoura (plantio e seguro), no controle da carga suspensa e, conseqüentemente, no aproveitamento dos recursos hídricos e na previsão do potencial de geração de energia hidroelétrica.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional das Águas. **Rede hidrometeorológica básica**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 20/03/2007.

ANDRADE, A. R. **Variabilidade da precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí – PR** Maringá, 2003. 99 f. il. Dissertação (Mestrado em Análise Regional e Ambiental)–Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

ANDRADE, A. R.; NERY, J. T. **Análise da precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, Foz do Iguaçu. Anais. Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Meteorologia, p. 1120 – 1125. 2002.

BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica climática na bacia hidrográfica do rio Ivaí – PR**.152f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

BLAZIN, P. C. **Característica sedimentar e hidrológica do rio Ivaí em sua foz com o rio Paraná, Icaraíma – PR**. 2005. 74 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes – Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

CARAMORI, P. H. **Caracterização Climática**. In: Instituto Agrônomo do Paraná. Potencial de Uso agrícola das áreas de várzea do Estado do Paraná: bacia hidrográfica do baixo Ivaí. Boletim Técnico. Londrina, n.24, v.1, p.65-69, 1989.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

CPETEC/INPE. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/enos/globo-el-nino.shtml>>. Acesso em: 12/04/2008

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

DESTEFANI, E. V. **Regime hidrológico do rio Ivaí - PR** . 2005. 93f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes – Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

FRANCO, A. L. A., **Análise da dinâmica e estrutura de fluxo e da morfologia da confluência dos Rios Ivaí e Paraná**, 84 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Centro de Pós – Graduação, Pesquisa e Extensão Mestrado em Análise Geoambiental, Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2007.

GRIMM, A. M., GUETTER, A.K., CARAMORI, P.H. **El Niño no Paraná: O que pode esperar cada região - uma análise científica.** SIMEPAR - Informativo. Curitiba, n. 1, 1997.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

HAIR, Jr., J. F. et al. **Análise multivariada de dados.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

HÜEBLIN, R. J. **Modelo para a aplicação da metodologia ZERI: sistema de aproveitamento integral da biomassa de árvores de reflorestamento.** 2001. 139 f. Dissertação (Mestrado em inovação tecnológica). Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2001.

Disponível em: <<http://www.ppgte.cefetpr.br/dissertacoes/2001/hans.pdf>>. Acesso em: 02/03/2007.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Evolução do desmatamento no Estado do Paraná.** Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/iap>>. Acesso em: 07/02/ 2007.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná – 1978.** Londrina, 1978.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas climáticas do Estado do Paraná.** Londrina, 1994. 49p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento e Orçamento. **Mapa de vegetação do Brasil. Brasília, DF, 1993.** 1 mapa, color., 120 cm x 0,80 cm. Escala 1: 5000.000.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 1976. **Comparação entre as Áreas Municipais do Estado do Paraná.** Curitiba, 58pp.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 1976. **Mapa do relevo: hipsometria.** 1995. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/mapoteca/mapoteca.Php>> acesso em: 17/05/2007

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** 2. ed. Rio de Janeiro: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981, 438p.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S/A. **Atlas geológico do Estado do Paraná.** Curitiba, 2000. 1 CD ROM.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 421p.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Atlas de recursos hídricos do Estado do Paraná.** Curitiba: SUDERHSA, 1998.

PIELOU, A. C. **The interpretation of ecological data**. New York: John Willey and Sons. 1984. 263p.

RIBEIRO, A. G. **A vegetação natural e a estruturação das paisagens na região Centro-Sul do estado do Paraná**. *Revista de Geografia*. São Paulo, v. 12, p. 27 – 43, 1993.

SILVEIRA, A. L. L. **Ciclo Hidrológico e a Bacia Hidrográfica**. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2002. cap. 2 p. 35–51.

TRENBERTH, K. E. **The definition of El Niño**. *Bull. Am. Meteoric. Soc.*, v.78,n.12, p.2771-2777, Bolder, 1997.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2002.

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

G516c Girdi Júnior, Geraldo Oliveira  
Controle do regime de precipitação na caracterização das cheias do Rio Ivaí, PR / Geraldo Oliveira Girdi Júnior. Guarulhos, 2008. 47 f. : il. ; 31 cm.

Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental), Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão, Universidade Guarulhos, 2008.

Orientador: Prof. Dr. José Cândido Stevaux.  
Bibliografia: f. 35-37

1. Geociências. 2. Planejamento territorial urbano. 3. Prevenção contra enchentes urbanas. 4. Inundações. I. Título. II. Universidade Guarulhos.

**CDD 22<sup>st</sup> 551.489162**