

# DINÂMICA ESPACIAL DA HIDROLOGIA DA BACIA DO RIO IVAÍ

## *Spatial Dynamic of hydrology of River Basin Ivaí*

Isabel Terezinha Leli<sup>1</sup>  
 José Cândido Stevaux<sup>1</sup>  
 Maria Tereza da Nóbrega<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá  
 Departamento de Geografia/GEMA  
 Avenida Colombo, 5790 – 87020-900, Maringá - PR  
 isa-leli@hotmail.com  
 jcstevaux@uem.br  
 mtnobrega@uol.com.br

### RESUMO

Este trabalho é sobre o comportamento e distribuição espacial da descarga líquida da bacia do rio Ivaí, baseando-se na série histórica fornecida pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – Suderhsa, e compreende períodos variados e com registros incompletos. O rio Ivaí apresentou vazão média de  $689 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (1974-2004) para uma área drenada de  $36.587 \text{ km}^2$ . A vazão específica ( $Q_m$ :Área) variou entre 0,01 e 0,02 com uma máxima localizada de 0,11. A maior parte da água que adentra ao canal principal não depende dos principais tributários (como os rios Alonzo, Corumbataí, Mourão, das Antas, Índios e Ligeiro), e sim de sub-bacias menores ( $< 500 \text{ km}^2$ ). A vazão específica dos tributários do Ivaí apresentou redução de montante para jusante de 0,028 a  $0,015 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1} \text{ km}^{-2}$ .

**Palavras-chave:** Bacia do rio Ivaí. Vazão líquida. Regime hidrológico. Vazão média.

### ABSTRACT

This paper is about the behavior and spatial distribution of the liquid discharge of the Ivaí River Basin, based in very heterogeneous and incomplete historical series acquired from the Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA. In the period of 1974 to 2007 the Ivaí river had an average flow of  $689 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  for drained area of  $36.587 \text{ km}^2$ . The specific discharge ( $Q_m$ : Area) varied between 0.01 and 0.02 with a maximum of 0.11. Most of the water that enters the main channel doesn't come from the main tributaries (as the Alonzo, Corumbataí, Mourão, Antas, Índios and Ligeiro rivers), but from smaller sub-basins ( $< 500 \text{ km}^2$ ). The specific flow of the tributaries of Ivaí decreases from upstream to downstream from 0.028 to  $0.015 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1} \text{ km}^{-2}$ .

**Keywords:** River Basin Ivaí. Net flow. Hydrologic regime. Average flow.

### 1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Ivaí se localiza na região Sul do Brasil (S  $22^{\circ}56'17''$ –  $25^{\circ}35'27''$  e W  $50^{\circ}44'17''$  -  $53^{\circ}41'43''$ ) e está inserida inteiramente no território paranaense. Sua área estende-se pelos Segundo e Terceiro Planaltos Paranaenses. Desde sua formação na confluência dos rios dos Patos e São João, na Serra da Boa Esperança (Segundo Planalto), numa altitude de 800 m, o rio

Ivaí percorre 671 km até desaguar no rio Paraná, município de Querência do Norte (PR), a uma altitude de 230 m. Contudo, a contar de seu formador mais longo (rio dos Patos, altitude 1.160 m) seu canal atinge 798 km de comprimento. O rio Ivaí apresenta vazão média, verificada entre os anos de 1974 a 2007 de  $689 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e drena uma área de  $36.587 \text{ km}^2$  (Figura 1). Todo o trabalho realizado por um rio é resultado do fluxo de água que corre no canal, e que, por sua vez, está condicionado à força

gravitacional e à fricção, Christofolletti (1981). Considerando que a energia do fluxo no canal é responsável desde a erosão do substrato, o transporte de água e sedimento, a deposição temporária da carga sedimentar, a construção e modificação das estruturas (canais e planícies de inundação), até a sustentação da ecologia fluvial e a geração de energia elétrica ou mecânica, o estudo da descarga líquida de um rio é uma ferramenta de grande importância para o gerenciamento destas variáveis em uma bacia hidrográfica, como também, para a implantação de projetos que visem à qualidade da água, a construção de hidrelétricas, piscicultura, abastecimento e irrigação.

A bacia estende-se na direção SE-NW ocupando numa faixa de transição do clima tropical para subtropical. Este fator, somado à sua característica alongada, à diversidade geológica e à forte condicionante orográfica deve impor à bacia do Ivaí características peculiaridades no sistema de escoamento. Além disso, há de se considerar os fatores antrópicos que podem interferir na demanda de escoamento superficial e do canal, como por exemplo, nas regiões de solos férteis (solos derivados do basalto) que são utilizados intensivamente para o cultivo agrícola, e também nas regiões onde o solo é derivado do arenito e muito utilizado para o desenvolvimento da cultura canavieira e pastoril. Diante dessa premissa, este trabalho tem por objetivo analisar distribuição espacial da descarga de água do rio Ivaí.

## 2 METODOLOGIA

Os dados hidrológicos utilizados neste trabalho foram obtidos pelo banco de dados da Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – Suderhsa e UNH/GRDC Composite Runoff Fields V 1.0, e transpostos para o programa Excel 2007. Estes dados remontam séries

históricas de períodos variados. Algumas estações, por exemplo, tiveram início na década de 1930, enquanto que outras são bem mais recentes com pouco mais de uma década de extensão. Outro complicador foi a descontinuidade das séries, ou ainda, a interrupção de leitura dos dados.

A distribuição das estações fluviométricas com dados hidrológicos disponíveis, além de escassa, é bastante irregular. Assim, algumas bacias apresentaram duas ou mais estações ao passo que outras, de maior dimensão não possuem estações fluviométricas. No entanto, após um levantamento detalhado que envolve todas as estações existentes para os cálculos de vazão líquida foram selecionadas 21 estações fluviométricas, das quais foi possível fazer uma série histórica iniciada nos anos de 1970. Nesse selecionamento, foram escolhidas as estações localizadas na parte mais jusante da respectiva bacia de drenagem, como também as estações que continham pelo menos dois anos de amostragem. Pela ausência de estações, algumas sub-bacias foram agrupadas em trechos e tratadas como uma única. A vazão para esses casos foi estimada a partir da subtração da vazão da estação montante da vazão da estação jusante do trecho. Os parâmetros hidrológicos utilizados neste estudo encontram-se numerados na Tabela 1.

## 3 RESULTADOS

O rio Ivaí apresenta uma vazão média, verificada na estação fluviométrica de Novo Porto Taquara, entre os anos de 1974 a 2007 de  $689 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (com permanência nesse valor ou em valores inferiores em 64% dos 34 anos da série histórica analisada) e médias de cheia atingindo  $4.019 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  com duração de 1,05%. As maiores cheias verificadas no período da série histórica foram  $5.800 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  no ano de 1992 e que alcançou uma recorrência de 23 anos (DESTEFANI, 2005). O hidrograma do rio Ivaí em Porto

## LOCALIZAÇÃO E HIDROGRAFIA DA BACIA DO RIO IVAÍ

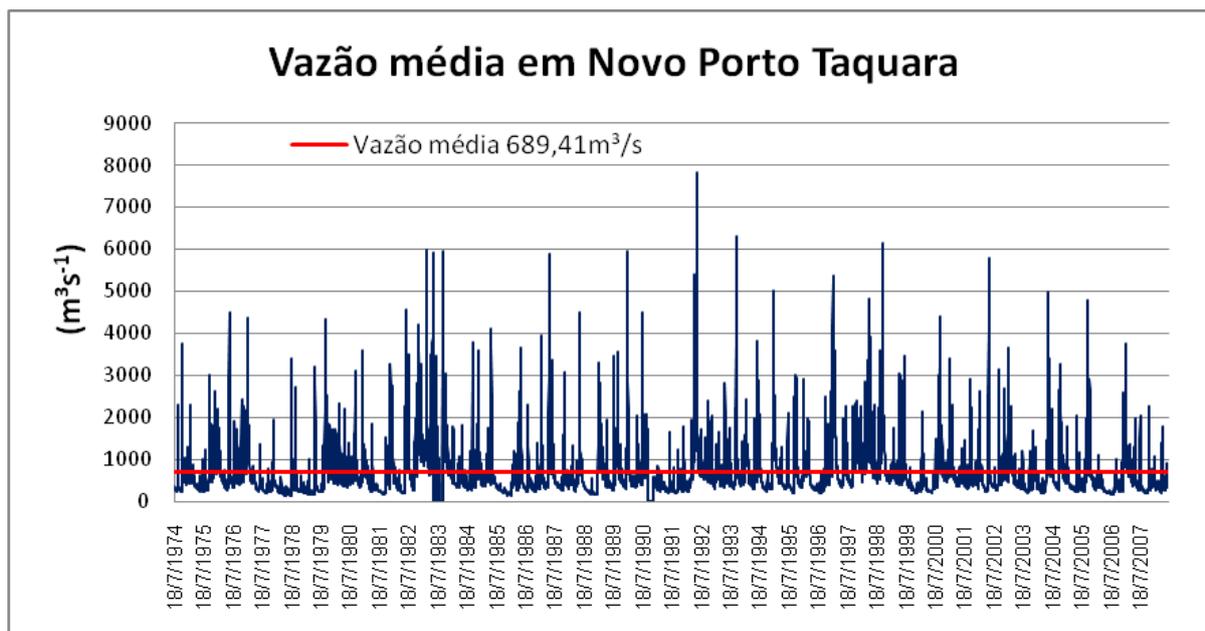


**Figura 1:** Hidrografia e localização da bacia do rio Ivaí

**Tabela 1:** Definições de parâmetros hidrológicos utilizados

Variável	Definição	Unidade
Vazão média da série histórica ( $Q_m$ )	$Q_m = \sum_{1}^n Q_d/n$	$m^3/s$
Vazão média específica ( $Q_{me}$ )	$Q_{me} = Q_m/Ab$	$m^3/s/km^2$
Aporte de vazão ( $Q_{m^*}$ )	$Q_{m^*} = Q_{mj} - Q_{mm}$	$m^3/s$
Taxa de aporte de vazão	Vazão específica por trecho	$m^3/s/km^2$

em que  $Q_d$  = vazão média diária,  $Ab$  = área da bacia,  $n$  = números de dias da série histórica. No caso dos valores para trechos entre estações foi utilizada a vazão do trecho ( $Q_{mj}$  vazão média na seção jusante e  $Q_{mm}$  montante de um determinado trecho). Fonte: Leli ( 2010)



**Figura 2:** Hidrograma do rio Ivaí da estação de Novo Porto Taquara no período de 1974-2008

Novo Taquara, obtido por esta série histórica (Figura 2) caracteriza-se por uma variabilidade significativa das vazões com mudanças rápidas na magnitude.

As cheias não possuem períodos definidos de ocorrência, ou seja, períodos de estiagem e de cheia ocorrerem em qualquer mês do ano, podendo mudar de um ano para outro. O regime hidrológico do rio Ivaí é controlado pelo escoamento superficial, e o fluxo de base é incapaz de manter fluxos próximos ao das vazões médias (PAIVA, 2008).

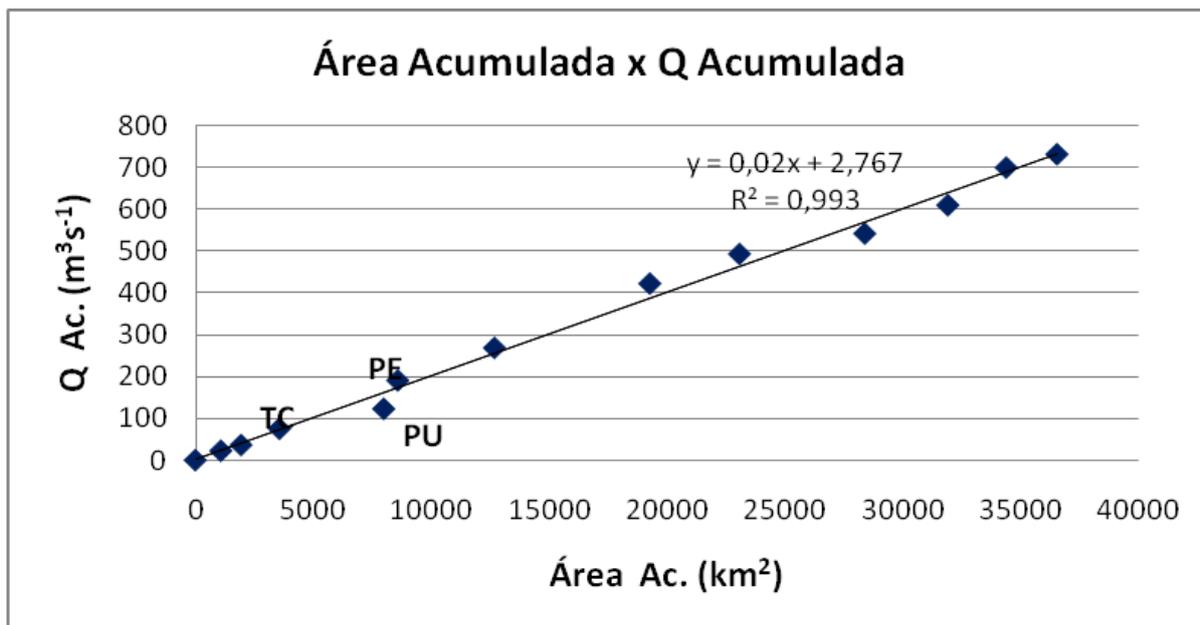
A correlação entre a vazão e a área da bacia apresentou-se bastante alta ( $R = 0,99$ ), tendo sido observada uma única alteração na taxa de aporte de água no canal no trecho formado pelas estações de Tereza Cristina, Porto Ubá do Sul e Porto Espanhol (Figura 3). No primeiro trecho (Tereza Cristina-Porto Ubá ocorre uma redução na taxa de aporte de vazão de 0,02 (média de todo o rio) para 0,01. No trecho seguinte, Porto Ubá do Sul-Porto Espanhol ocorre um aumento de mais de 10 vezes na taxa de aporte de água que atinge o valor de 0,11.

Os principais tributários que adentram a drenagem principal são pela margem direita, o rio Alonzo ( $Q_m 51 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ),

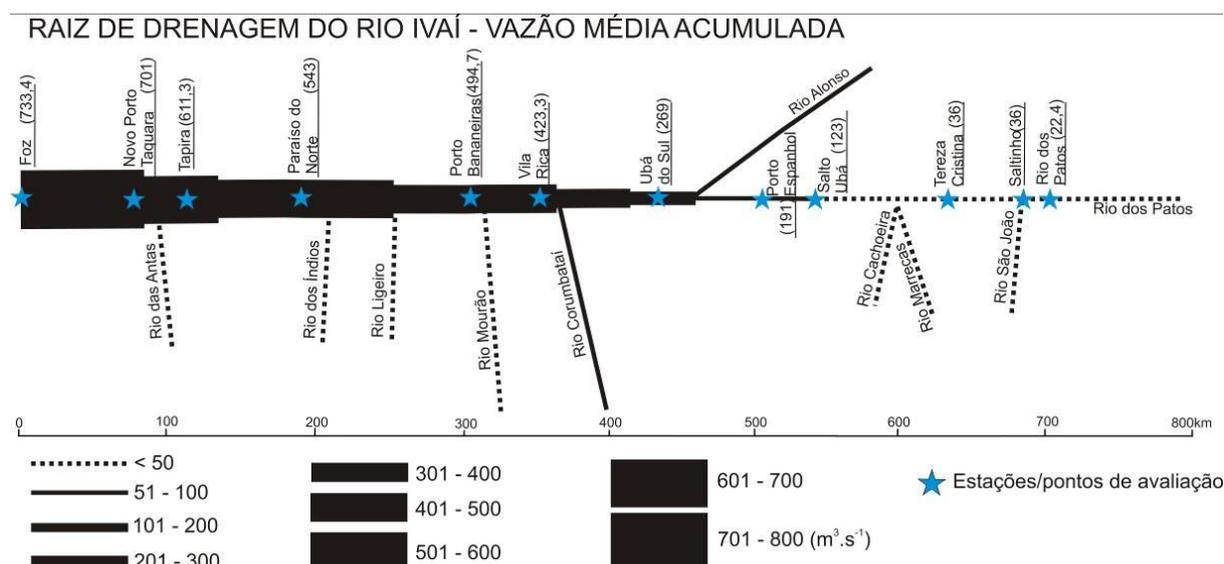
notar que após a entrada deste rio a drenagem do Ivaí fica bem mais expressiva (Figura 4), e pela margem esquerda, os rios Corumbataí ( $Q_m 74 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) e o rio Mourão ( $Q_m 32,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), além de tributários menores como o rio das Antas ( $14,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), dos Índios ( $14,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) e Ligeiro ( $Q_m 14,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) (Figura 5).

No entanto, a maior parte da água que adentra ao canal principal provém de sub-bacias menores ( $< 500 \text{ km}^2$ ) que perfazem um total de  $387,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , ou seja, 53% da vazão média do rio Ivaí. O aporte dessas sub-bacias é bastante variado ao longo da bacia. As maiores contribuições observadas são as drenagens que adentram entre as estações Ubá do Sul e Vila Rica ( $Q_m 79 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), na divisa entre os trechos superior e médio e entre as estações Paraíso do Norte - Tapira ( $Q_m 68,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) no setor baixo (Figuras 3 e 5).

Contudo, as maiores contribuições não necessariamente constituem as maiores vazões específicas. Características próprias da bacia como tipo de rocha e solo, cobertura vegetal, uso e ocupação, relevo e principalmente precipitação são os fatores que controlam a produção de água por unidade de área das sub-bacias.



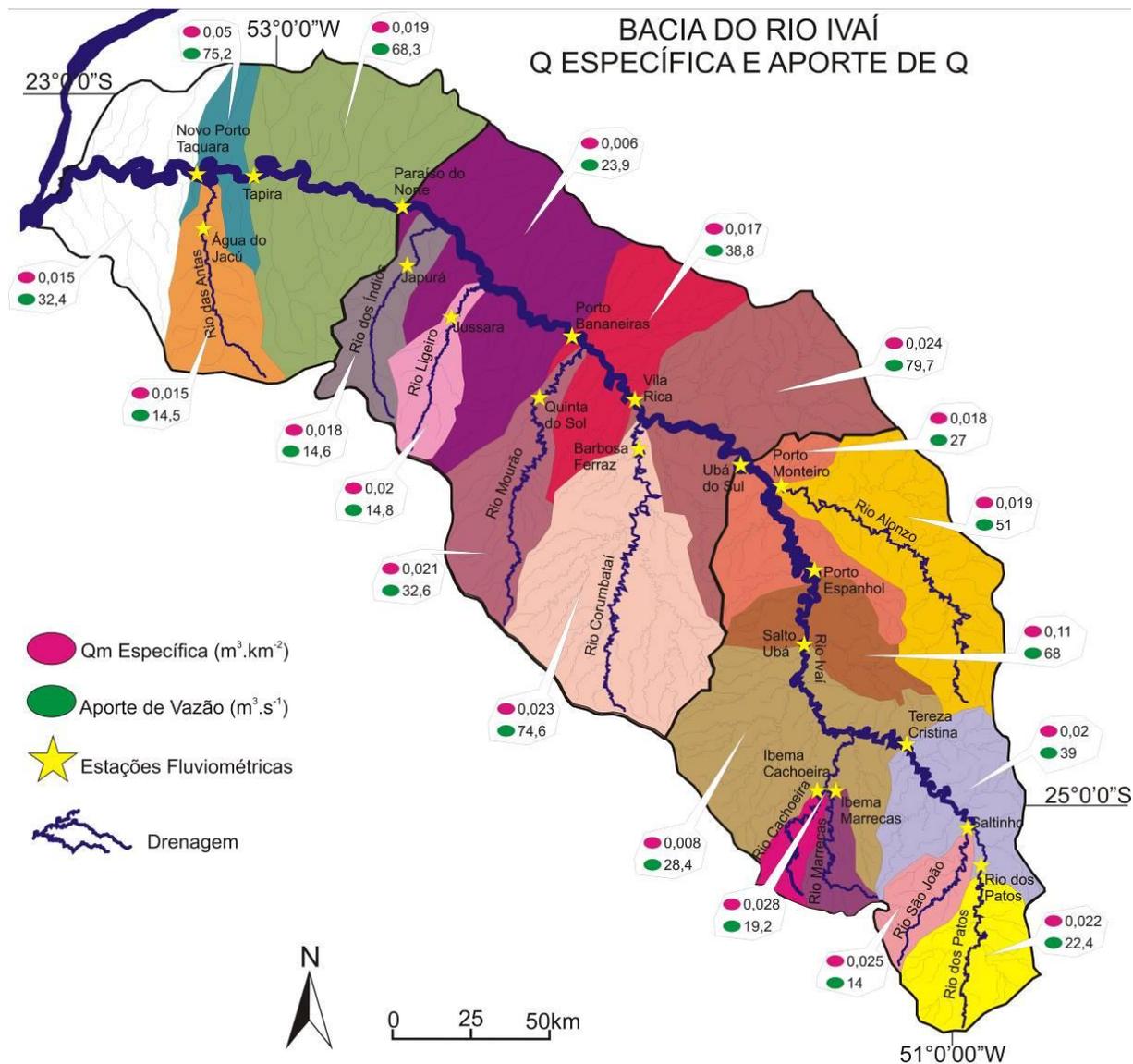
**Figura 3:** Correlação linear entre a área da bacia e a vazão para as estações de Tereza Cristina (TC), Porto Ubá (PU) e Porto Espanhol (PE).



**Figura 4:** Raiz de drenagem da bacia do rio Ivaí.

Assim, as maiores sub-bacias que alimentam o Ivaí apresentam vazão específica entre  $0,015$  a  $0,023 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (Figura 5). Destacam-se as bacias do Corumbataí ( $Q_{m\text{esp}} 0,023 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ) e do rio Alonzo ( $Q_{m\text{esp}} 0,019 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ). Aparentemente o fator orográfico influencia a vazão específica das sub-bacias uma vez que os maiores valores encontrados foram para as sub-bacias do rio Marrecas-Cachoeira ( $Q_{m\text{esp}} 0,028 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ) e São João ( $Q_{m\text{esp}} 0,025$

$\text{m}^3 \text{ ano}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ) que se localizam no setor superior de maior expressão orográfica. De um modo geral, observa-se a redução na vazão específica dos tributários do Ivaí de montante para jusante. Assim, no setor alto os valores ficam em torno de  $0,019$  a  $0,020 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1} \text{ km}^{-2}$  passando para valores entre  $0,015$  a  $0,020 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1} \text{ km}^{-2}$  no setor baixo. Ao contrário dos valores encontrados para o aporte de vazão, visto anteriormente, a vazão específica das drenagens menores analisadas em conjunto apresentaram valores inferiores aos dos



**Figura 5:** Bacia do rio Ivaí. Aporte e vazão específica das sub-bacias

tributários principais. Esses valores em geral não excederam  $0,020 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}\text{km}^{-2}$ . Algumas anomalias foram encontradas como no caso do trecho estação Salto Ubá-Porto Espanhol, que apresentou valor 10 vezes superior aos de outras sub-bacias ( $0,11\text{m}^3\text{ano}^{-1}\text{km}^{-2}$ ).

#### 4 CONCLUSÃO

O rio apresenta vazão média (série histórica de 34 anos) de  $689 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , mas com alta variabilidade caracterizando um fluviograma com picos bem definidos de vazão máxima.

A característica alongada da bacia do rio Ivaí gera um processo gradativo

bastante definido de incrementos de vazão ao longo do canal com taxa de aporte de água ( $Q_m:\text{Área}$ ) variando entre 0,01 e 0,02 com uma máxima localizada de 0,11.

A maior parte da água que adentra ao canal principal provém de sub-bacias menores ( $< 500 \text{ km}^2$ ) que perfazem um total de  $387,3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , ou seja, 53% da vazão média do rio Ivaí e não diretamente dos principais tributários. Estes rios (Alonzo, Corumbataí Mourão, das Antas, dos Índios e Ligeiro) perfazem um total de  $201,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .

De um modo geral, observa-se redução na vazão específica dos tributários do Ivaí de montante para jusante de 0,028 a  $0,015 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}\text{km}^{-2}$ . Assim, os dois rios de maior vazão específica da bacia, o

Marrecas-Cachoeira ( $0,028 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}\text{km}^{-2}$ ) e o São João ( $0,025 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}\text{km}^{-2}$ ) estão localizados na porção mais alta da bacia do Ivaí. Por sua vez, os maiores tributários apresentaram menores valores de vazão específica (Corumbataí com  $0,023 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}\text{km}^{-2}$  e Alonzo com  $0,019 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}\text{km}^{-2}$ ).

## REFERÊNCIAS

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: E. Blucher, 1981.

DESTEFANI, E. V. **Regime Hidrológico do Rio Ivaí – PR**. 2005. 94 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Programa de Pós-Graduação em Geografia, UEM, Maringá, 2005.

LELI, I.T., **Variação Espacial e Temporal da Carga Suspensa do Rio Ivaí**. 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Programa de Pós-Graduação em Geografia, UEM, Maringá 2010.

UNH/GRDC Composite Runoff Fields V 1.0. Disponível em:  
<[www.grdc.sr.unh.edu/index.html](http://www.grdc.sr.unh.edu/index.html)>.  
Acesso em: 30 nov. 2009.

PAIVA, D. G. **Análise do índice de relação entre o fluxo de base e desflorestamento por meio de imagens orbitais e análise hidrológica: Baixo curso do rio Ivaí**. 2008. 65 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Programa de Pós-Graduação em Geografia, UEM, Maringá 2008.

Data de recebimento: 10.06.2010.

Data de aceite: 27.09.2010.