

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes  
Departamento de Geografia

**Análise da qualidade de água do rio Ivaí, PR e caracterização geoambiental  
em sua bacia hidrográfica**

Fabio Corrêa Alves

Maringá  
2012

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes  
Departamento de Geografia

**Análise da qualidade de água do rio Ivaí, PR e caracterização geoambiental  
em sua bacia hidrográfica**

Fabio Corrêa Alves

Monografia apresentada ao Departamento de  
Geografia da Universidade Estadual de  
Maringá como requisito parcial à obtenção do  
Título de bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos

Maringá  
2012

## AGRADECIMENTOS

*Ao incentivo e apoio dos meus pais Daize Aparecida Razza Alves e Eugênio Corrêa Alves que mesmo diante as dificuldades enfrentadas nunca mediram esforços em me ajudar.*

*Aos meus avós “in memoriam” Josias Carneiro e Antenor Razza que sempre me apoiaram, incentivando aos estudos.*

*A orientação e amizade do Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos que durante o período de graduação por meio de ensinamentos transmitidos, viagens realizadas e longas conversas, contribuíram com a minha formação profissional.*

*Ao amigo Everton Hafemann Fragal que ao longo dos quatro anos de graduação contribuiu por seu conhecimento, amizade e companhia.*

*Aos amigos de sala Paulo Miguel de Bodas Terassi, Thalita Dal Santo por sua amizade e conhecimentos transmitidos.*

*Aos professores participantes do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA) da UEM por seus ensinamentos transmitidos e apoio na utilização de equipamentos de laboratório nas saídas de campo, fundamentais no desenvolvimento do conhecimento.*

*Ao geógrafo e laboratorista Vanderlei Grzegorzcyk ao auxílio às análises laboratoriais.*

*Ao aluno de pós-doutorado Edimilson Bortoletto e a Doutoranda Rosane Freire por sua contribuição na realização das análises de água pelo laboratório do Departamento de Engenharia Química (DEQ) da UEM.*

*Aos funcionários da Agência Nacional de Águas (ANA) senhor Nilson Antônio de Moraes e Edson Sakae Nagashima pelo fornecimento de variáveis hidrológicas do rio Ivaí, sendo de fundamental importância na discussão dos resultados encontrados neste trabalho.*

*A CNPq ao fomento da bolsa de pesquisa durante o período de dois anos.*

*Finalmente os meus amigos Thomas Henrique de Faria Cosin, Manoel de Souza Jr, Eduardo Moraes, Isabel Leli, Otávio Montanher, Édipo Cremon, Alma Isabel Ariza Ramírez, Carolina Maria Pinheiro, Fernanda Bortolatto, Karine Vargas, Carina Petsch e a todos aqueles que não foram citados, mas que de forma direta ou indiretamente contribuíram por sua atenção e ajuda nos momentos alegres e difíceis da vida.*

*“Do Rio que tudo arrasta se diz que é violento. Mas ninguém diz como são violentas as margens que o reprimem”.*

**Bertolt Brecht**

## RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Ivaí é a segunda maior do estado do Paraná, com área de aproximadamente 36.540,02km<sup>2</sup>, localizada na região sul do Brasil. Embora assuma grande importância econômica e ambiental para a região, infelizmente pouco se conhece sobre a qualidade das águas do rio Ivaí. As atividades agrícolas predominam na maior parte da bacia hidrográfica que apesar de desenvolverem a economia local e regional do estado do Paraná, revelam-se como uma das principais fontes de poluição por produtos químicos nas águas deste sistema fluvial. O presente trabalho objetivou-se em analisar os indicadores físico-químicos e biológicos de qualidade da água do rio Ivaí e caracterização geoambiental da bacia hidrográfica. Para tanto, utilizaram-se técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto que possibilitaram a criação de um banco de dados em ambiente georreferenciado e elaboração de produtos cartográficos. As coletas de água foram realizadas em três setores do canal do rio Ivaí ao longo do seu perfil longitudinal, onde se localizam as estações fluviométricas de Tapira a jusante, Porto Paraíso do Norte e Ubá do Sul a montante. Os parâmetros analisados correspondem à temperatura da água, oxigênio dissolvido, ph, turbidez, sólidos suspensos totais, voláteis, coliformes termotolerantes e fósforo total que foram comparados com os valores estabelecidos no padrão de qualidade CONAMA n°357 de 2005. A análise em caráter espaço-temporal do meio físico proporcionou melhor conhecimento da complexa dinâmica que envolve a bacia hidrográfica do rio Ivaí. Os resultados obtidos com os parâmetros de qualidade da água revelaram que este sistema fluvial está comprometido em razão da mudança de suas características naturais por atividade antrópica. Durante o período de amostragem de água foi possível identificar, valores de pH, fósforo total e coliformes termotolerantes que ultrapassaram os limites permitidos pelo padrão de qualidade vigente no país. Por assumir predominância na totalidade da bacia hidrográfica, as atividades agrícolas e práticas de manejo no solo tornam-se como a principal fonte de contaminação nas águas deste rio, embora não seja descartada, a contaminação por atividades industriais. A análise estatística das variáveis permitiu alcançar valores significativos de correlação, embora tenha sido realizada com um número pequeno de amostras. Desta forma, verifica-se a necessidade de se adotar políticas de planejamento na bacia hidrográfica deste importante sistema fluvial Paranaense, pois o impacto ambiental continua na região onde se concentra grande parte das atividades econômicas e da sociedade do estado do Paraná.

**Palavras-chave:** Sistema fluvial, Índice de Qualidade de Água, Uso do solo, Análise geoambiental.

## ABSTRACT

The Ivaí River watershed is the second largest of the state of Paraná, with an area about 36.540,02km<sup>2</sup>, located in southern region in Brazil. Although this watershed assumes large importance economic and environmental to region, unfortunately few is known about water quality of Ivaí River. The agricultural activities predominate in Its largest area where develops the local and regional economic in Paraná, despite this, these activities reveal an important source of chemical pollution on the Ivaí River waters. This study aimed to analyze some parameters physical, chemical and biological of water quality on the Ivaí River and geoenvironmental characterization of watershed. For this, We used geoprocessing and remote sensing techniques that possibilited the creation of a database and cartographic products. The water samples were collected in three points of Ivaí channel along its longitudinal profile, where are located the fluviometric stations of Tapira in downstream, Porto Paraíso do Norte and Ubá do Sul in upstream. The parameters analyzed were water temperature, dissolved oxygen, pH, turbidity, total suspended solids, volatile, termotolerantes coliforms and total phosphorus that were compared with values established in CONAMA water quality standard n°357 of 2005. The analysis in spatial-temporal about character environmental provided better knowledge of the watershed complex dynamics. The results obtained with the parameters of water quality revealed that this fluvial system is compromised, due the change of its natural characteristics by anthropogenic activities. During the period of water sampling was possible identified values of pH, total phosphorus and termotolerantes coliforms that exceed the limits from the water quality standard. The predominance of agricultural activities and management practices on soil on the watershed, become the main source of contamination in Ivaí River, although has not been excluded the contamination by industrial activities. The variables statistical analysis allowed reach correlation of significant values, although it has been realized with few water samples. Thus, the Ivaí River watershed needs to adopt politics planning in this area, because the environmental impact continues in the region where concentrates larger economic activities and society in state of Paraná.

**Keywords:** Fluvial system, Water Quality of Index, Land Use, geoenvironmental Analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Ivaí no estado do Paraná	5
Figura 2: Geologia da bacia hidrográfica do rio Ivaí	6
Figura 3: Unidades geomorfológicas ocorrentes na bacia hidrográfica do rio Ivaí no estado do Paraná	7
Figura 4: (A) Hipsometria (B) Declividade da bacia hidrográfica do rio Ivaí. Fonte: Base: valores geomorfométricos da missão Shuttle Radar Topography Mission, (SRTM), interpoladas na resolução espacial de 30 metros segundo Valeriano e Rossetti (2011)	7
Figura 5: Classes de Solos encontradas na bacia hidrográfica do rio Ivaí	8
Figura 6: Distribuição anual e mensal de precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí. <b>Fonte:</b> Andrade <i>et al.</i> , (2005)	10
Figura 7: (A) Valores de precipitação pluviométrica (B) Índice de evapotranspiração potencial na bacia hidrográfica do rio Ivaí	10
Figura 8: Domínios fitogeográficos na bacia hidrográfica do rio Ivaí	11
Figura 9: Localização dos pontos de coleta de água no rio Ivaí	12
Figura 10: Equipamento utilizado na coleta de água do rio Ivaí	13
Figura 11: Equipamento utilizado na obtenção da carga suspensa total e volátil das amostras de água do rio Ivaí	14
Figura 12: Localização das estações com dados de pluviosidade e temperatura na bacia hidrográfica do rio Ivaí	16
Figura 13: Variação da temperatura da água (°C)	19
Figura 14: Variação na concentração de oxigênio dissolvido em mg\ L <sup>-1</sup>	20
Figura 15: Relação entre os valores de temperatura da água e concentração de oxigênio dissolvido nas águas do rio Ivaí	21
Figura 16: Variação na concentração de Sólidos Suspensos Totais (SST) e Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) em mg/L nas águas do rio Ivaí	22
Figura 17: Valores brutos de vazão média diária (m <sup>3</sup> /s) nas estações de Ubá do Sul (código 64655000), Porto Paraíso do Norte (código 64685000) e Novo Porto Taquara (código 64693000). A vazão média anual nas referidas estações corresponde aos valores obtidos por Destefani (2005)	23
Figura 18: Relação entre os valores de vazão e sólidos suspensos totais nas águas do rio Ivaí	24

Figura 19: Valores de Turbidez das águas do rio Ivaí em Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT)	24
Figura 20: Valores diários de precipitação pluviométrica referente as estações de Ubá do Sul (código 02451002), Porto Paraíso do Norte (código 02352000) e Novo Porto Taquara (código 02353044)	26
Figura 21: Relação entre os valores de turbidez e sólidos suspensos totais nas águas do rio Ivaí	26
Figura 22: Valores de pH nas águas do rio Ivaí	27
Figura 23: Variação na concentração de fósforo total em mg/L <sup>-1</sup>	28
Figura 24: Região da bacia hidrográfica do rio Ivaí com possível fonte de contaminação pontual e difusa na água. Observa-se nas imagens, a forte presença de culturas temporárias e áreas com pastagem. Fonte: fotografias cedidas gentilmente por Nelson Douhy	29
Figura 25: Relação entre os valores de vazão e fósforo nas águas do rio Ivaí	30
Figura 26: Relação entre os valores de fósforo e precipitação que distam dez dias anteriores a data de coleta de água no rio Ivaí	31
Figura 27: Classes de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, onde se localizam as estações fluviométricas de Porto Paraíso do Norte e Tapira, a jusante do rio Ivaí	34
Figura 28: Classes de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica onde esta localizada a estação fluviométrica de Ubá do Sul, a montante do rio Ivaí	35
Figura 29: Porcentagem das principais classes do uso do solo na bacia hidrográfica. A) Região a montante do rio Ivaí e B) Região a jusante	36



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Síntese dos parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade de água	4
Tabela 2: Síntese da base cartográfica e produtos cartográficos	16
Tabela 3: Estações climatológicas com seus respectivos códigos, nomes, localização e valores altimétricos	17
Tabela 4: Análise multitemporal da variação na concentração de oxigênio dissolvido nas águas do rio Ivaí, região do seu canal onde se localiza a estação fluviométrica de Tapira e Porto Paraíso do Norte	20
Tabela 5: Análise multitemporal do pH das águas do rio Ivaí nas estações de Tapira e Porto Paraíso do Norte	28
Tabela 6: Análise multitemporal da variação na concentração de fósforo nas águas do rio Ivaí, na estação de Porto Paraíso do Norte	30
Tabela 7: Variação na concentração de coliformes termotolerantes nas águas do rio Ivaí	31
Tabela 8: Valores médios e desvio padrão mensal das amostras de água do rio Ivaí	32
Tabela 9: Valores médios e desvio padrão das amostras em relação ao perfil longitudinal do rio Ivaí	32

## LISTA DE SIGLAS

IQA: Índice de Qualidade de Água

pH: Potencial Hidrogeniônico

MINEROPAR: Minerais do Paraná

*SRTM: Missão Shuttle Radar Topography Mission*

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IAP: Instituto Ambiental do Paraná

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ANA: Agência Nacional de Águas

DEQ: Departamento de Engenharia Química

UEM: Universidade Estadual de Maringá

GEMA: Grupo de Estudos Multidisciplinar do Ambiente

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

*UTM: Universal Transversa de Mercator*

ITCG: Instituto de Terras Cartografia e Geociências

MDE: Modelo Digital de Elevação

IAPAR: Instituto Agrônômico do Paraná

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

CAD: Capacidade de Água Disponível

SIG: Sistema de Informação Geográfica

EQM: Erro Quadrático Médio

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

*USGS: United States Geological Survey*

*GPS: Global Positioning System*

*SVM: Support Vector Machine*

CETESB: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	2
2.1 Qualidade de água	2
2.2 Análise geoambiental	2
<b>3 JUSTIFICATIVA</b>	3
<b>4 OBJETIVO GERAL</b>	3
4.1 Objetivos específicos	3
<b>5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	4
5.1 Geologia	5
5.2 Geomorfologia	6
5.3 Solos	8
5.4 Clima e regime hidrológico do rio Ivaí	9
5.5 Vegetação	11
<b>6 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	12
6.1 Análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade de água	12
6.2 Análise estatística das amostras de água	14
6.3 Produtos cartográficos	10
6.4 Dados de precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial	16
6.5 Mapeamento do uso do solo	17
<b>7 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	18
7.1 Temperatura da água	18
7.2 Oxigênio dissolvido	19
7.3 Sólidos suspensos totais e voláteis	21
7.4 Turbidez	24
7.5 Potencial hidrogeniônico	27
7.6 Fósforo total	28
7.7 Coliformes termotolerantes	31
7.8 Valores médios e variabilidade das amostras em relação ao mês de coleta e perfil longitudinal do rio Ivaí	32
7.9 Uso do solo	33
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	36
<b>9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	38

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar do Brasil se apresentar com elevada disponibilidade hídrica, o crescimento da população e do sistema produtivo vem contribuindo com a poluição das águas, comprometendo a sua qualidade e usos preponderantes.

O rápido desenvolvimento ocorrente na região da bacia hidrográfica do rio Ivaí por meio da construção de cidades e inserção das atividades agrícolas provocou o desmatamento da vegetação local, alterando assim, suas características naturais. As áreas urbanas geralmente localizam-se nos interflúvios e na maior parte da bacia hidrográfica o uso do solo é predominantemente rural com destaque a rotatividade das culturas tradicionais. As atividades agrícolas predominam na maior parte da bacia hidrográfica, que apesar de desenvolverem a economia local e regional do estado do Paraná revelam-se como uma das principais fontes de poluição por produtos químicos nas águas do rio Ivaí. Portanto, a qualidade das águas de um sistema fluvial reflete diretamente as características do uso e manejo do solo em sua bacia hidrográfica.

Embora o rio Ivaí apresente várias corredeiras e rápidos principalmente em seu curso superior que proporcionam o elevado potencial hidroenergético deste sistema fluvial, a pressão externa na tentativa de se construir barramentos ao longo deste rio é crescente, bem como nos demais sistemas fluviais do território Paranaense. Caso este rio venha a ser barrado, suas condições naturais serão alteradas, assim como na modificação do ecossistema aquático. Assim, estudos que visam a investigação das características naturais deste sistema fluvial é uma importante fonte de conhecimento de sua dinâmica natural.

Com o avanço e aperfeiçoamento nas técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto foi possível o monitoramento por intermédio de métodos indiretos de análise dos alvos presentes na superfície terrestre, proporcionando assim, a investigação do meio físico em áreas de difícil acesso ou ainda que contemplem grande extensão territorial. Os métodos de classificação supervisionada do uso do solo em imagens orbitais para grandes áreas, por exemplo, demanda menor tempo em seu processamento, quando comparado com o mapeamento por interpretação visual dos alvos naturais já descritos por Jensen (2009), tornando-se por tanto, um produto de fundamental importância no estudo geoambiental.

Desta forma, a análise de qualidade de água do rio Ivaí e caracterização dos aspectos geoambientais da sua bacia hidrográfica pode tornar-se, uma importante ferramenta de análise, possibilitando a interpretação do meio físico integrado e identificação de possíveis

fontes poluidoras na água, fornecendo assim, subsídio ao planejamento desta bacia hidrográfica.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Qualidade de água**

Segundo Von Sperling (1996) a qualidade de água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De forma natural a água da chuva ao precipitar na superfície terrestre agrega partículas do solo podendo transportá-los no escoamento superficial (*runoff*) ou sub superficial em direção a rede de drenagem. Na água podem ser encontrados elementos constituintes da própria rocha, como metais pesados, por exemplo. A poluição por ação antrópica provém do lançamento de efluentes domésticos, industriais ou a partir do transporte de partículas na água presentes na área urbana e rural.

A qualidade das águas de importantes sistemas fluviais Paranaenses já foram verificadas como os estudos realizados no rio Pirapó e nos principais afluentes constituintes de sua bacia hidrográfica por Alves *et al.*, (2006); Coelho (2007); Alves *et al.*, (2008); Hespanhol (2009) e Schneider *et al.*, (2011). No rio Ivaí, Guiraud *et al.*, (2004); Morais *et al.*, (2005) e Santos *et al.*, (2008b) verificaram a qualidade das águas em seu curso médio e inferior, revelando o comprometimento desse sistema fluvial em função, entre outros fatores, no manejo do uso do solo na bacia hidrográfica.

### **2.2 Análise geoambiental**

As sociedades contemporâneas tem enfrentado uma série de problemas de cunho ambiental que se reproduzem em escalas diferenciadas, por carecer do conhecimento integrado das variáveis que compõem o meio físico. O meio ambiente por ser alvo de valoração humana modificou seu cenário natural, principalmente a partir do desenvolvimento acelerado da atividade antrópica. Essas transformações podem vir a comprometer a estabilidade do ambiente, economia e sociedade. Sendo assim, o conhecimento da dinâmica do meio natural é, de qualquer modo, um ponto de partida insubstituível (TRICART, 1977).

Segundo Spörl e Ross (2004), a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território. Além disso, a cartografia dos aspectos

geoambientais da bacia hidrográfica é o ponto de partida no processo de caracterização espaço-temporal dos fenômenos que nela ocorrem, proporcionando assim, a futura tomada de decisões neste importante meio natural.

A bacia hidrográfica do rio Ivaí é a segunda maior do estado do Paraná representando grande importância econômica e ambiental para o território Paranaense. Apesar disso, pouco se conhece sobre as características geoambientais que envolvem a totalidade de sua bacia hidrográfica, sendo possível encontrar os trabalhos realizados por Destefani (2005), Baldo (2006), Fugita (2009) e Leli (2010). No entanto, em seu curso inferior é possível encontrar uma maior quantidade de trabalhos desenvolvidos, como os estudos hidrosedimentológicos realizados por Biazin (2005); Barros (2006); Kuerten (2006); Kuerten *et al.*, (2009); Santos *et al.*, (2010), geomorfológico por Santos *et al.*, (2008a) e Morais (2010) que estudou a gênese e evolução da planície de inundação do rio Ivaí na região de sua confluência fluvial.

### **3 JUSTIFICATIVA**

Estudos que adotam a análise geoambiental de grandes bacias hidrográficas como área de pesquisa ainda carecem no Brasil. Apenas por este motivo, já se tornaria oportuno o desenvolvimento deste trabalho. Além disso, o conhecimento das variáveis que envolvem a dinâmica natural deste sistema fluvial é uma importante fonte de informações, visto que existe atualmente, uma forte pressão externa na tentativa de se construir barramentos neste rio, ocasionando assim, a modificação de suas características naturais.

Embora tenha se realizado o monitoramento dos parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade de água nos cursos médio e inferior do rio Ivaí, pouco ainda se conhece sobre as características que envolvem seu alto curso. Por tanto, torna-se necessária à investigação do meio físico nesta importante bacia hidrográfica do território Paranaense, onde se concentram grande parte da população e das atividades econômicas.

### **4 OBJETIVO GERAL**

Analisar a qualidade das águas do rio Ivaí por meio de indicadores físico-químicos e biológicos. Elaborar produtos cartográficos na caracterização das variáveis que compõem o meio físico da bacia hidrográfica.

#### **4.1 Objetivos específicos:**

-Elaborar produtos cartográficos referentes à localização da área, geologia, geomorfologia, hipsometria, declividade, pedologia, aspectos climáticos, hidrodinâmicos, fitogeografia e uso do solo.

- Analisar os parâmetros físico-químicos e biológicos mais representativos do Índice de Qualidade de Água (IQA), conforme ilustra a **Tabela 1**.

**Tabela 1** – Síntese dos parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade de água.

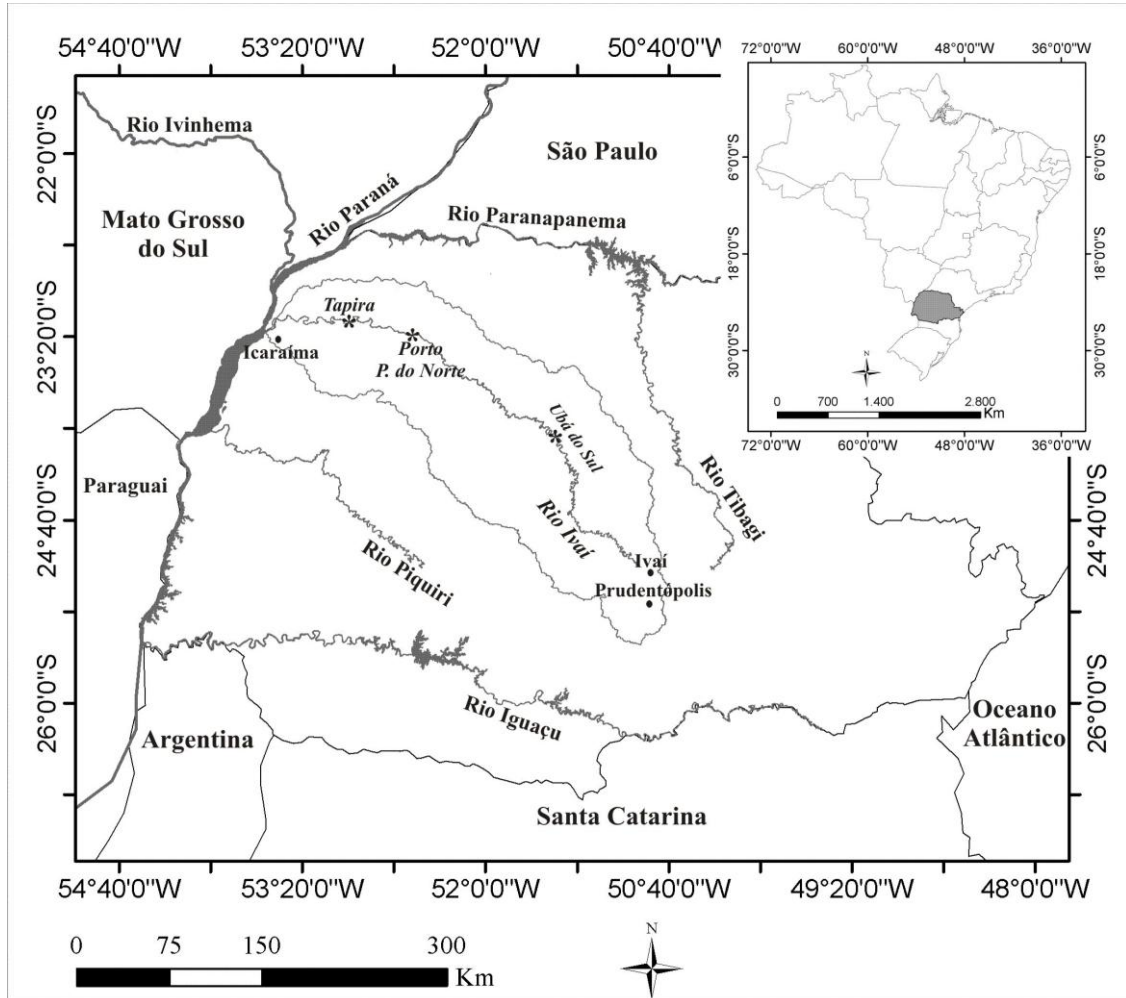
<b>Grupo</b>	<b>Variáveis</b>
Físico	Temperatura da água, Turbidez, Sólidos Suspensos Totais e Voláteis
Químico	Oxigênio Dissolvido, Fósforo Total, Ph
Biológico	Coliformes Termotolerantes

- Aplicar análise estatística nas amostras de água.

## 5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Ivaí está localizada entre as coordenadas 22°56'17"-25°35'27" de latitude sul e 50°44'17"-53°41'43" de longitude oeste, no estado do Paraná, região sul do Brasil, **Figura 1**.

A bacia hidrográfica é a segunda maior do estado do Paraná, com formato alongado e uma área que corresponde a aproximadamente 36.540,02km<sup>2</sup>, onde se concentram grande parte da população do território do Paraná. O rio Ivaí é um importante tributário da margem esquerda do rio Paraná, tem sua formação na confluência dos rios dos Patos e São João na região de divisa entre os municípios de Prudentópolis e Ivaí na Serra da Boa Esperança. Após receber inúmeros afluentes ao longo do seu curso, este rio percorre aproximadamente 671km na drenagem dos municípios que se localizam na região do Segundo, e principalmente, do Terceiro Planalto Paranaense até a sua confluência com as águas do rio Paraná, região do município de Icaraíma, PR.



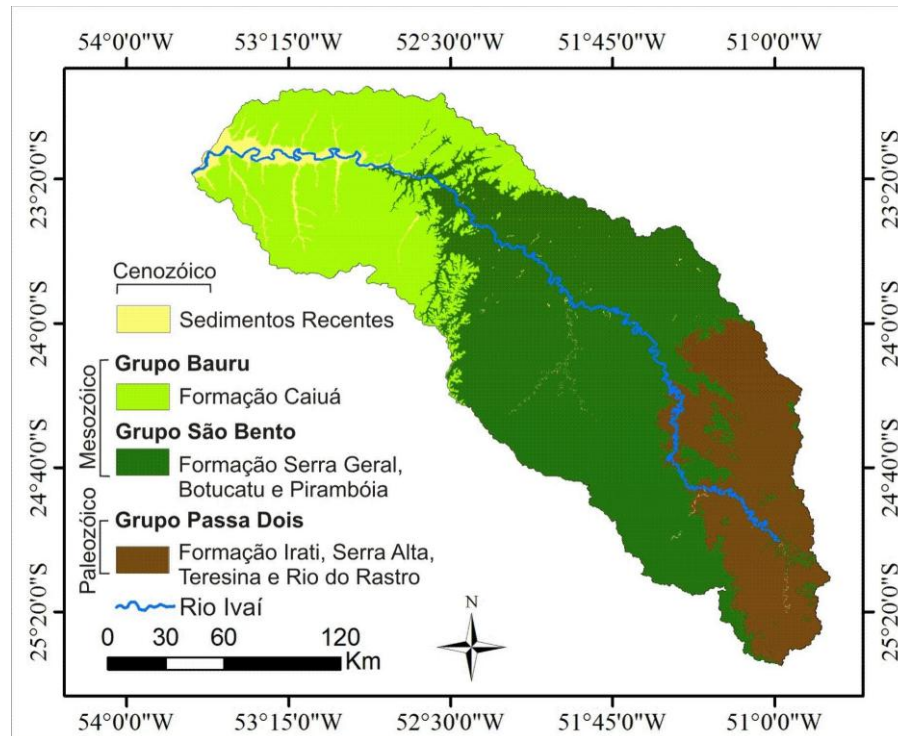
**Figura 1** – Localização da bacia hidrográfica do rio Ivaí no estado do Paraná

### 5.1 Geologia

A complexidade litológica ocorrente na bacia hidrográfica se constitui nas camadas Paleozóicas e Mesozóicas da bacia sedimentar do Paraná, **Figura 2**.

As litologias mais antigas (Paleozóicas) estão localizadas no alto curso do rio Ivaí, pertencentes ao Grupo Passa Dois, sendo constituído pelas Formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rastro. Na maior parte da bacia hidrográfica (região central) ocorrem as litologias Mesozóicas do Grupo São Bento, constituído por arenito das Formações Piramboia, Botucatu e vulcânicas da Formação Serra Geral (MINEROPAR, 2001).





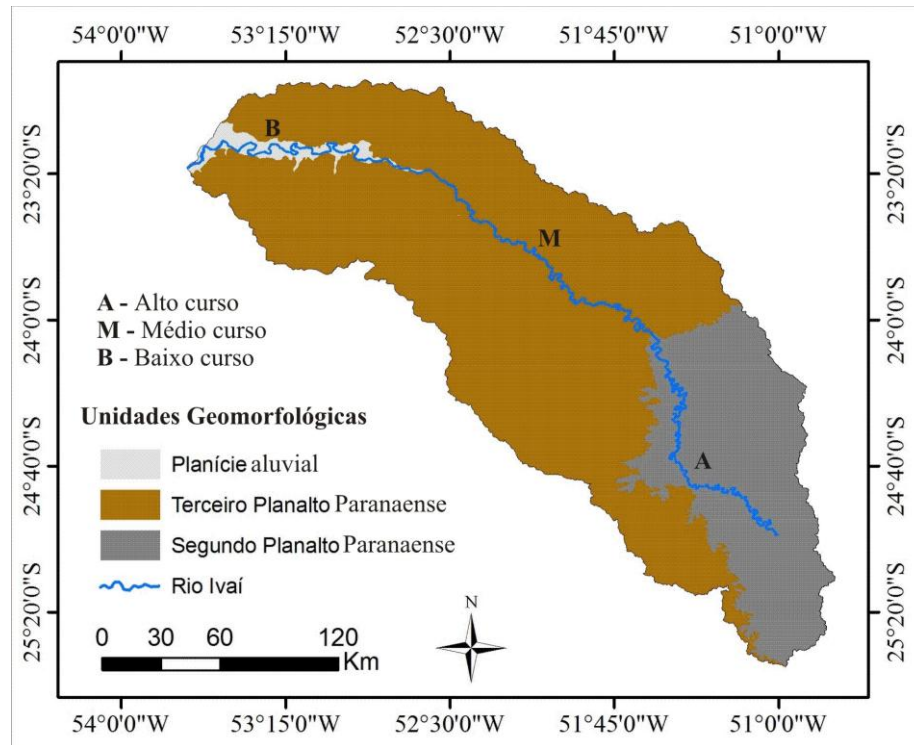
**Figura 2-** Geologia da bacia hidrográfica do rio Ivaí

Segundo Gasparetto e Souza (2003), a Formação Caiuá (SOARES *et al.*, 1980) assenta-se de forma discordante sobre os basaltos e está recoberta por uma espessa cobertura pedológica de origem do próprio arenito. Na região noroeste da bacia hidrográfica, Jabur e Santos (1984) caracterizam a Formação Caiuá em duas litofácies, por apresentar arenitos de coloração vermelho-arroxeados muito friáveis, com estruturas cruzadas acanaladas, evidenciando condições deposicionais colúvio aluvionares e também, na maioria das vezes, estruturas cruzadas caracteristicamente eólicas.

No curso inferior do rio Ivaí, associado lateralmente ao seu canal, desenvolve-se sua planície aluvial. Essa planície é formada por depósitos de sedimentos quaternários provenientes da dinâmica hidrosedimentar do rio Ivaí em seu curso inferior, e quando em sua região de confluência fluvial, pelo rio Paraná.

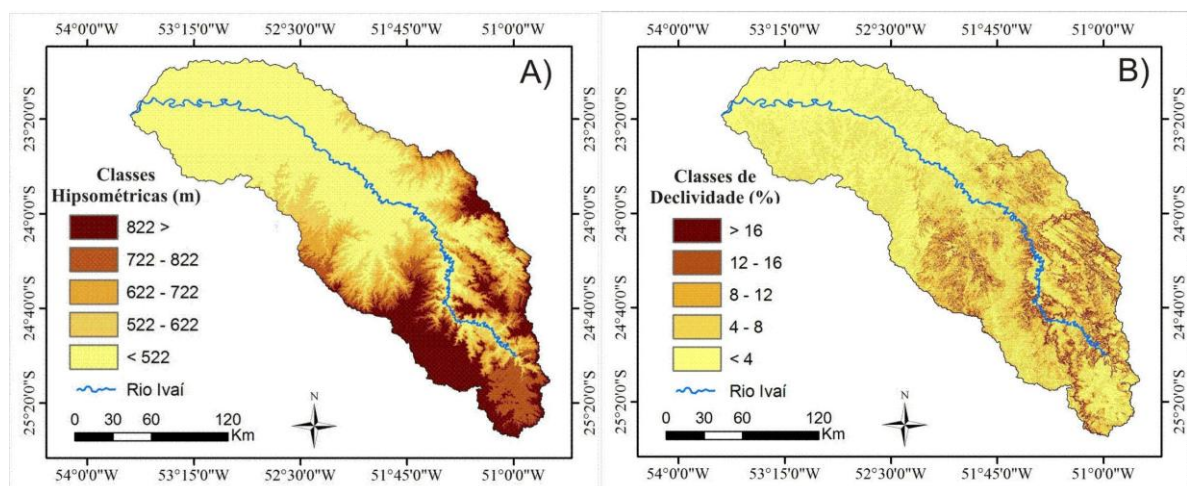
## 5.2 Geomorfologia

A região que contempla a bacia hidrográfica do rio Ivaí, segundo o mapeamento geomorfológico elaborado recentemente por Santos *et al.* (2006) constitui-se por 3 unidades morfoesculturais maiores: Segundo Planalto, Terceiro Planalto e Planície (**Figura 3**) e um conjunto de 17 planaltos na região.



**Figura 3-** Unidades geomorfológicas ocorrentes na bacia hidrográfica do rio Ivaí no estado do Paraná

A região que corresponde ao Segundo Planalto na bacia hidrográfica apresenta um conjunto de diques de diabásio e conforme a classificação realizada por Maack (2002) apresenta um relevo denominado de cuestas. Nesta região, encontram-se valores altimétricos acima de 722m e declividades superiores a 16% (**Figura 4**) refletindo as condições naturais da região que condiciona o aparecimento de quedas e corredeiras.



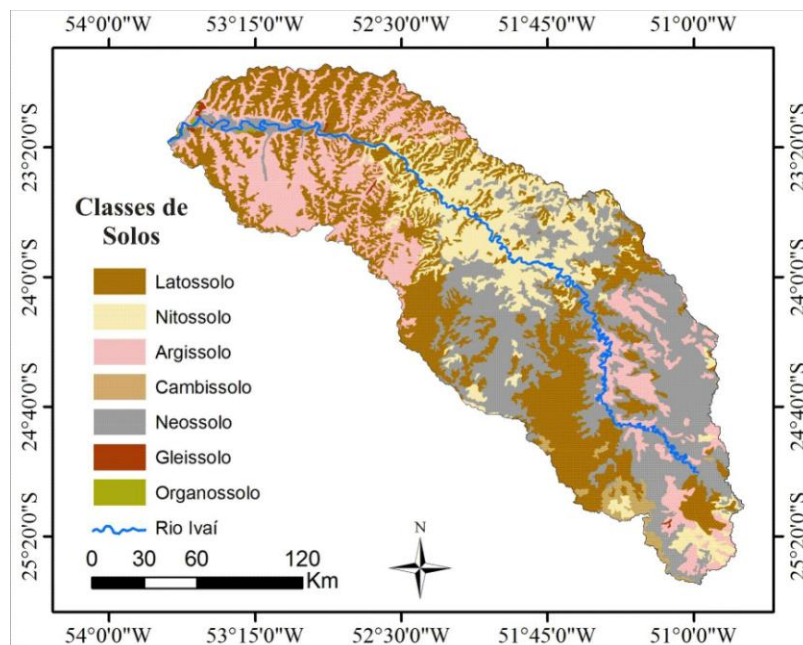
**Figura 4-** (A) Hipsometria (B) Declividade da bacia hidrográfica do rio Ivaí. Fonte: Base: valores geomorfométricos da missão *Shuttle Radar Topography Mission*, (SRTM), interpoladas na resolução espacial de 30m segundo Valeriano e Rossetti (2011)

O Terceiro Planalto Paranaense representada o reverso da cuesta (MAACK, 2002), ocupando um relevo do tipo tabuliforme, com o desenvolvimento de mesetas e morros testemunhos. Este planalto ocupa maior área na bacia hidrográfica, onde é possível encontrarem valores de altitudes inferiores a 722m e declividades menores que 12%, respectivamente, **Figura 4**.

A unidade que corresponde a planície aluvial registra inúmeros paleocanais e paleomeandros em sua área, evidenciando o antigo sistema meandrante do rio Ivaí. Neste segmento, o canal do rio apresenta-se com alta sinuosidade recebendo forte controle litológico e tectônico, constatado recentemente por Souza Junior (2012). A região apresenta valores altimétricos inferiores a 300m onde também se verificam as declividades mais suaves, equivalentes a 4%, **Figura 4**.

### 5.3 Solos

Dentre os diversos tipos de solos encontrados na bacia hidrográfica e sua classificação de acordo com EMBRAPA (2007) podem ser destacados os Latossolos, Nitossolos, Neossolos, Cambissolos, Argissolos, Organossolos e Gleissolos, **Figura 5**.



**Figura 5** – Classes de Solos encontradas na bacia hidrográfica do rio Ivaí

A região Sudeste da bacia hidrográfica situa-se sobre um relevo acidentado, com elevadas altitudes e declividades, que condicionam o desenvolvimento de solos incipientes como os Neossolos Litólicos e Cambissolos de textura argilosa. Os Neossolos Litólicos compreendem a solos jovens e rasos de espessura em geral inferior a 40 centímetros

(EMBRAPA, 1999). Os Cambissolos apresentam perfis em estágio de maior desenvolvimento, localizando-se geralmente na média e baixa vertente.

Dentre os solos com maior representatividade na região central da bacia hidrográfica encontram-se os Latossolos e Nitossolos de textura argilosa. Os Latossolos surgem nas áreas de topo, apresentando-se em cores homogêneas, com baixa migração de argila e perfis em elevada fase de desenvolvimento. Os Nitossolos apresentam-se bem estruturados e aparecem na média e baixa vertente. Devido às condições topográficas favoráveis e alta produtividade desses solos, o uso da terra para a agricultura é predominante na área.

Na região Noroeste da bacia hidrográfica, encontram-se Latossolos e Argissolos de textura média/arenosa. Os Latossolos desenvolvem-se geralmente na alta vertente, compreendendo solos de camadas espessas e permeáveis. Os Argissolos surgem na média e baixa vertente, apresentando uma nítida diferenciação entre os horizontes E e B, devido a migração de argila. Esses solos por apresentarem o horizonte sub-superficial B textural, são susceptíveis a erosão e proporcionam o desenvolvimento na região de formas erosivas em estágios bem desenvolvidos como ravinas e voçorocas.

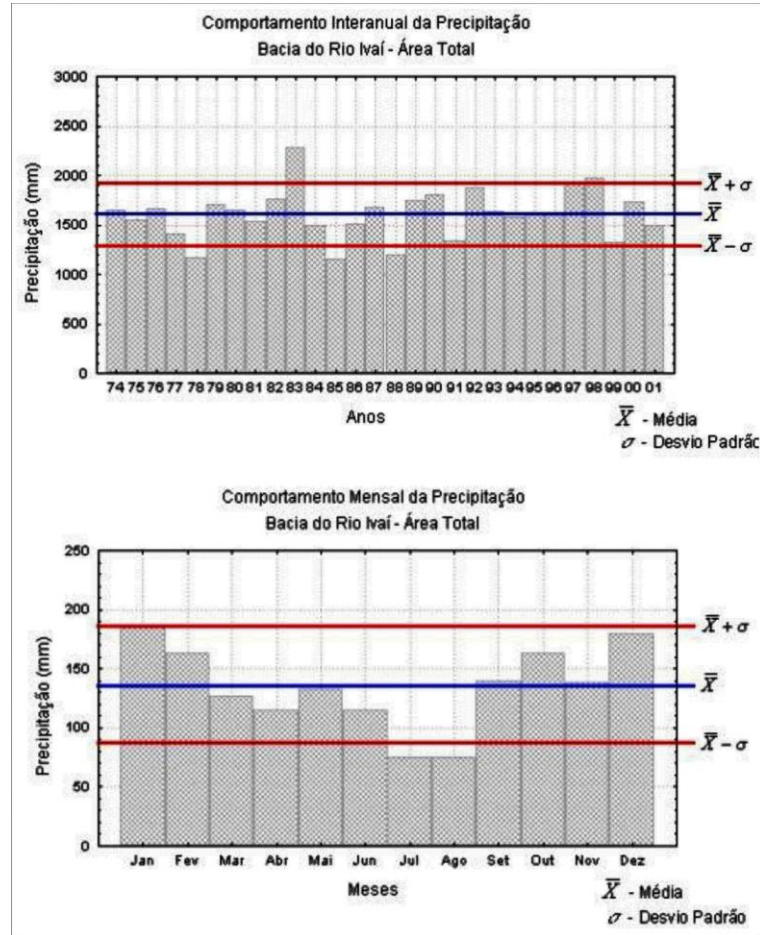
Os Neossolos Flúvicos, Gleissolos e Organossolos são encontrados com maior representatividade na região de planície aluvial do rio Ivaí. Os Neossolos Flúvicos compreendem solos derivados de sedimentos aluviais ou colúvio aluviais transportados e depositados por processos hidrodinâmicos desse rio. Os Gleissolos são solos hidromórficos que surgem associados lateralmente ao canal fluvial e refletem características da variação no nível do lençol freático em seus perfis. Os Organossolos aparecem no fundo de vale, com alta concentração de material de origem orgânica em seus horizontes.

#### 5.4 Clima e regime hidrológico do rio Ivaí

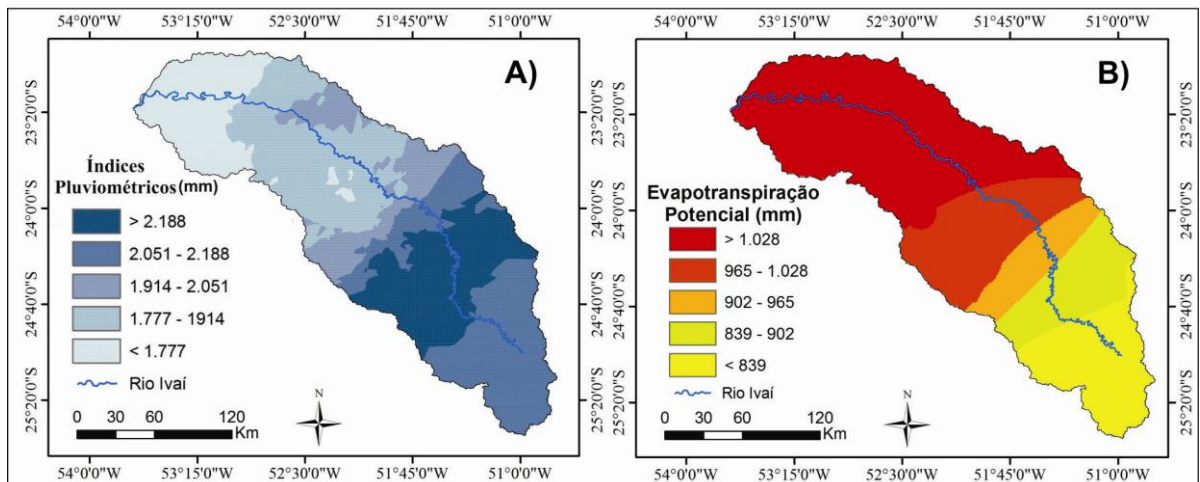
Segundo o Instituto Ambiental do Paraná- IAP, (1994) a parte alta da bacia hidrográfica é de clima subtropical e os trechos médio e baixo apresentam clima tropical. Os maiores valores de precipitação pluviométrica se concentram principalmente nos meses de janeiro e dezembro (verão) e os menores nos meses de julho e agosto (inverno), **Figura 6**.

Em virtude do efeito orográfico, os maiores índices pluviométricos ocorrem na região Sudeste na bacia hidrográfica (superiores a 2.051mm/ano) junto com os menores valores de evapotranspiração potencial (inferiores a 902mm/ano). A região Noroeste da bacia hidrográfica apresenta os menores valores de precipitação pluviométrica (inferiores a 1.914mm/ano) e os maiores valores de evapotranspiração potencial (superiores a

1.028mm/ano), **Figura 7**. Os valores de precipitação pluviométrica encontrados para a região da bacia hidrográfica no presente trabalho apresentam semelhança por aqueles obtidos nos estudos de Andrade e Nery (2003) e Baldo (2006).



**Figura 6** – Distribuição anual e mensal de precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí. **Fonte:** Andrade *et al.*, (2005).



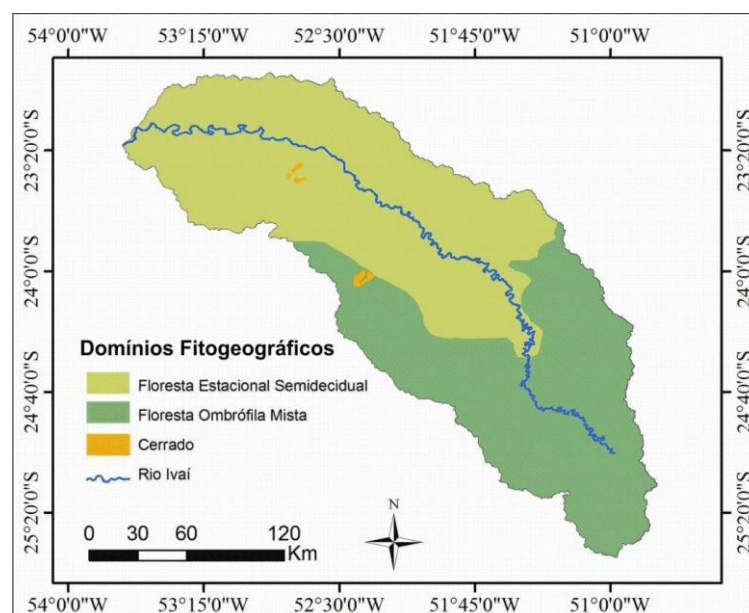
**Figura 7** – (A) Valores de precipitação pluviométrica (B) Índice de evapotranspiração potencial na bacia hidrográfica do rio Ivaí

A relação inversamente proporcional da variável evapotranspiração potencial com a precipitação pluviométrica limita, por exemplo, o dimensionamento de projetos de irrigação e drenagem na bacia hidrográfica. Esta relação pode ser discutida recentemente por meio da modelagem do escoamento superficial do rio Ivaí, realizada por Santos *et al.*, (2012, no prelo).

O regime hidrológico do rio Ivaí foi abordado em trabalhos como Destefani (2005), Fujita (2009) e Leli (2010) respectivamente. Segundo os autores e em especial os resultados obtidos por Destefani (2005 op. cit.) demonstram que o rio Ivaí não apresenta uma nítida caracterização de períodos de cheia e de vazante, podendo esses regimes ocorrer em qualquer época do ano, consequência de fatores como, o clima, formato da bacia, declividade e geologia.

### 5.5 Vegetação

Segundo IBGE (1993) a formação de vegetação natural que predominava na totalidade da bacia hidrográfica era composta na Formação de Floresta Ombrófila Mista com a presença do Pinheiro do Paraná (*Araucária Angustifolia*), Formação de Floresta Estacional Semidecidual e pequenos fragmentos de Cerrado, **Figura 8**. Contudo, o desmatamento acelerado na bacia hidrográfica inicialmente cedeu lugar à extração de madeira, construção de cidades, cultivo da cultura cafeeira e recentemente com o desenvolvimento da pecuária e atividades agrícolas.

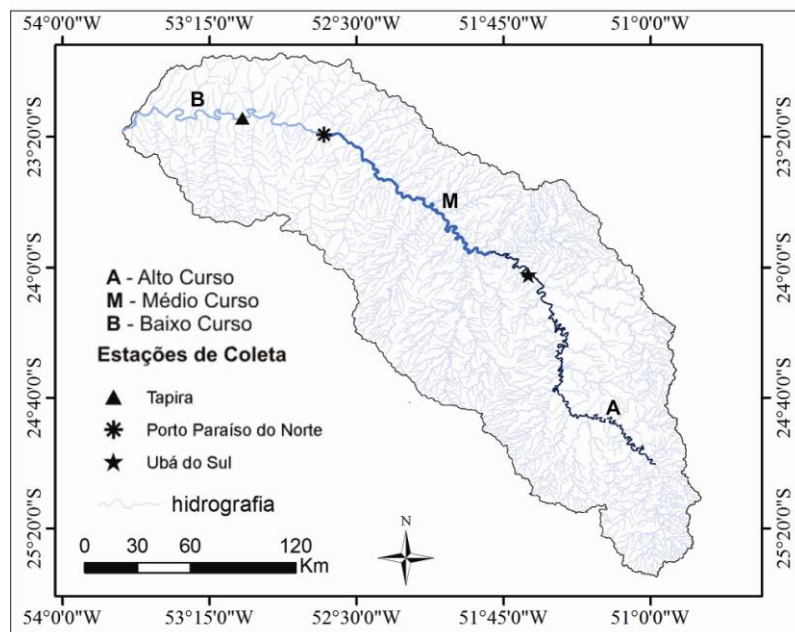


**Figura 8** – Domínios fitogeográficos na bacia hidrográfica do rio Ivaí

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1 Análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade da água

Foram realizadas seis coletas de água em três setores do canal fluvial do rio Ivaí, **Figura 9**. As campanhas de campo ocorreram nas datas de 14/12/2011, 15/02/2012, 26/04/2012, 24/05/2012, 28/06/2012 e 26/07/2012. A distribuição dos pontos de coleta foi definida na tentativa de se verificar possíveis alterações na qualidade da água após esse rio percorrer diferentes compartimentos lito-geomorfológicos, nos segmentos do seu curso superior, médio e inferior, de acordo com a compartimentação realizada por Destefani (2005). Além disso, os períodos de coleta de água estão associados com a época de plantio e colheita na região da bacia hidrográfica.



**Figura 9** – Localização dos pontos de coleta de água no rio Ivaí

As coletas de água foram realizadas na ponte a montante do canal do rio, onde está localizada a estação fluviométrica de Ubá do Sul (código 64655000), Porto Paraíso do Norte (código 64685000) e a jusante na estação fluviométrica de Tapira (código 64689000). A localização das estações fluviométricas ativas viabilizou o fornecimento de variáveis hidrológicas em meio digital, por meio do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) no site: <http://www.ana.gov.br/portalsnirh/>, com exceção da estação de Tapira desativada. Sendo assim, de forma que permitisse realizar análise estatística das variáveis de água na região de jusante do rio Ivaí foi necessária a utilização dos valores hidrológicos presentes na estação fluviométrica de Novo Porto Taquara (código 64693000). Contudo, é

necessário salientar que os valores brutos de vazão e precipitação pluviométrica utilizados neste trabalho podem estar sujeitos a erros, por ainda não receberem tratamento estatístico.

Foram utilizadas garrafas plásticas com capacidade de 1L submetidas inicialmente ao processo de descontaminação. Para a coleta, utilizou-se uma garrafa em um equipamento composto por tubo de PVC e corda adaptada (**Figura 10**), possibilitando assim, a coleta de água e integração nas diferentes profundidades do canal fluvial. Esse equipamento já pôde ser utilizado por Leli (2010) na quantificação de carga suspensa ao longo do perfil longitudinal do rio Ivaí. As amostras de água foram guardadas em garrafas plásticas com capacidade de 5L, sendo todas as amostras colocadas em uma caixa térmica com gelo para conservar suas propriedades.



**Figura 10** – Equipamento utilizado na coleta de água do rio Ivaí

As análises de oxigênio dissolvido, temperatura da água, turbidez e potencial hidrogeniônico (pH) foram realizadas *in situ*, após a estabilização do aparelho, entre os períodos da manhã (região de jusante do rio Ivaí) e tarde (região montante). Para a quantificação do oxigênio dissolvido, utilizou-se um aparelho portátil de campo Oxímetro de marca *DIGIMED*, onde também foi possível a leitura da temperatura da água. O pH foi verificado através do aparelho digital phmetro de marca *TECNOPON*. Realizou-se a leitura de turbidez através do aparelho digital de campo turbidímetro de marca *TURBIDIMETER* modelo 2100P.

As análises de coliformes fecais e fósforo total foram realizados no laboratório de Controle e Preservação Ambiental do Departamento de Engenharia Química (DEQ) da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Foi necessária a coleta de 100 ml de água em frascos de vidro, acidificando apenas as amostras para a análise de fósforo total. Por serem procedimentos convencionais e rotineiros na análise de qualidade de água, os métodos não serão descritos, sugerindo a consulta em Silva e Oliveira (2001) e Apha (1992).



Os sólidos suspensos totais e voláteis foram quantificados no laboratório do Grupo de Estudos Multidisciplinar do Ambiente (GEMA) na UEM. Obteve-se a carga suspensa total (mg/L) com auxílio do método de filtragem e pesagem dos filtros conforme descrito por Melo *et al.*, (1975). Inicialmente pesaram-se os filtros em uma balança analítica. Posterior a isso, eram submetidos 1L de amostra de água em um equipamento composto por recipiente coletor do material filtrado e bomba de vácuo, de forma que os sedimentos presentes em água ficassem retidos nos filtros, **Figura 11**.



**Figura 11-** Equipamento utilizado na obtenção da carga suspensa total e volátil das amostras de água do rio Ivaí

Posterior à secagem dos filtros, os valores de carga suspensa total eram obtidos a partir do cálculo da diferença do seu peso inicial com o final, após filtragem da água. Ao se submeter os sólidos a uma temperatura elevada (550°C), a fração orgânica é volatizada, permanecendo após combustão apenas a fração inorgânica, sendo que os sólidos voláteis representam, portanto, uma estimativa da matéria orgânica nos sólidos, ao passo que os sólidos não voláteis (fixos) representam a matéria inorgânica ou mineral (VON SPERLING, 1996). Os valores obtidos com a análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos da água receberam tratamento estatístico por intermédio do *software Microsoft Office Excel 2010* e foram comparados com o padrão normalizado de qualidade de águas, conforme a resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) do ano de 2005, descrito em BRASIL (2005), onde o rio Ivaí se encaixa na classe 2.

## 6.2 Análise estatística das amostras de água

Como medida de tendência central foi utilizada a média aritmética amostral por melhor representar o conjunto de dados, **Equação 1**.

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (1)$$

Onde:  $\bar{X}$  representa a média aritmética amostral,  $\sum x_i$  corresponde a somatória dos valores observados e  $n$  é o número total de observações

Como medida de variabilidade central utilizou-se o desvio padrão amostral, por ser uma medida de fácil compreensão, sendo amplamente utilizado na representação da dispersão (variabilidade) de um conjunto de dados amostrais em relação a média, **Equação 2**

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (2).$$

Onde:  $S^2$  é o desvio padrão amostral;  $\sum$  é a somatória de observações;  $x_i$  é o valor observado;  $\bar{X}$  é a média aritmética e  $n$  é o número total de observações.

De modo que permitisse analisar o comportamento de uma variável em função da outra, foi necessária a elaboração de uma série de modelos de regressão linear por meio do *software* Statistica 8.0 (STATSOFT Inc., 2009), sendo que no eixo das abscissas ( $x$ ) atribuiu-se a variável independente e no eixo das ordenadas ( $y$ ) a variável dependente.

### 6.3 Produtos cartográficos

Para a elaboração dos produtos cartográficos referentes às características geoambientais da bacia hidrográfica foram utilizadas técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, possibilitando assim, a criação de um banco de dados georreferenciado com o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) *ArcGIS 9.3* (ESRI, 2006). Adotou-se como sistema de referência a projeção *Universal Transversa de Mercator (UTM)* e datum *WGS84*. Posterior a criação do banco de dados, importaram-se os arquivos digitais que correspondem ao formato *raster* e, quando vector, em *shapefile*. Além disso, foi necessário o recorte da área de estudo e adoção de cores as classes temáticas, visando uma melhor representação visual.

A base cartográfica utilizada no presente trabalho encontra-se disponível gratuitamente no Instituto de Terras Cartografia e Geociências (ITCG) e dados geomorfométricos da missão *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* por intermédio dos sites: <http://www.itcg.pr.gov.br/> e <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>, respectivamente. O Modelo Digital de Elevação (MDE) *SRTM* foi originalmente disponibilizado para a América do Sul por meio do site da *Nacional Aeronautics Space Administration (NASA)* a partir de 2003 na resolução espacial de 90m. Contudo, visando uma melhor acurácia no tratamento dos

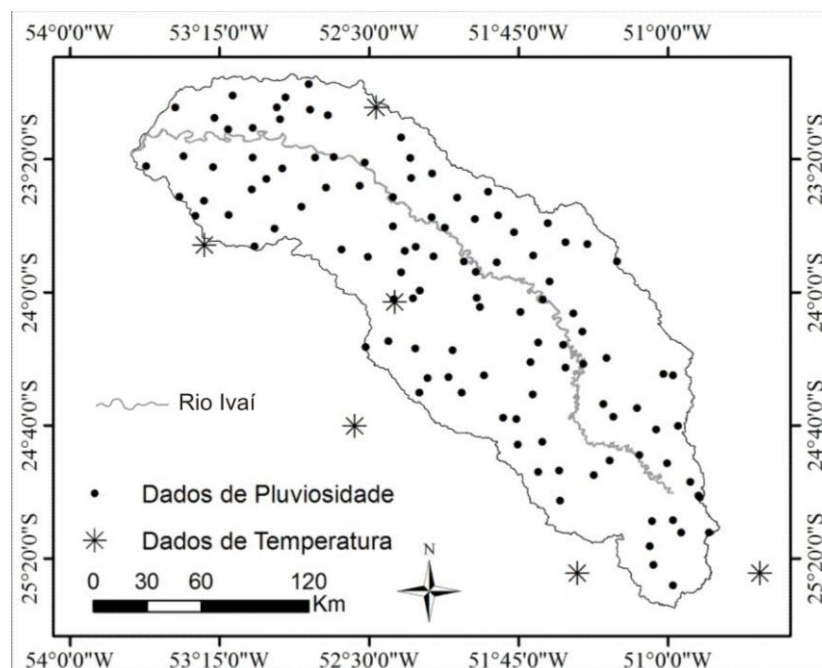
valores altimétricos, utilizou-se do MDE/SRTM interpolado na resolução espacial de 30 metros conforme procedimentos metodológicos presentes no trabalho de Valeriano e Rossetti (2011). A descrição da base cartográfica utilizada e dos produtos cartográficos gerados encontra-se na **Tabela 2**.

**Tabela 2** – Síntese da base cartográfica e produtos cartográficos.

Base Cartográfica	Produtos Cartográficos
ITCG	Localização da área, Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Fitogeografia, Hidrografia
SRTM	Hipsometria e Declividade
Landsat 5 sensor TM	Uso do Solo

#### 6.4 Dados de precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial

Foram utilizados cento e onze valores de precipitação pluviométrica obtida por meio do banco de dados das estações pluviométricas do Instituto das Águas do Paraná no ano de 2009, **Figura 12**. Para o cálculo de evapotranspiração potencial, foi necessária a utilização de valores de precipitação pluviométrica e temperatura. Diante da falta de um monitoramento sistemático nas estações climatológicas ao longo da bacia hidrográfica, utilizaram-se valores de temperatura disponíveis em apenas dez estações, sendo que quatro delas se localizam fora dos limites naturais de sua área, **Figura 12**. O nome das estações climatológicas, código, localização e altitude encontram-se na **Tabela 3**.



**Figura 12** – Localização das estações com dados de pluviosidade e temperatura na bacia hidrográfica do rio Ivaí

**Tabela 3-** Estações climatológicas com seus respectivos códigos, nomes, localização e valores altimétricos

Nº	Código	Estação Climatológica	Lat. S.	Long. W.	Alt. (m)	Período
1	83783	*Campo-Mourão	24°05'	52°37'	616	2009
2	2550025	**Femandes Pinheiro	25°27'	50°35'	893	
3	2551010	**Guarapuava	25°21'	51°30'	1058	
4	2452050	**Nova Cantu	24°40'	52°34'	540	
5	2352017	**Paranavaí	23°05'	52°26'	480	
6	2353008	**Umuarama	23°44'	53°17'	480	

\*Instituto Nacional de Meteorologia – INMET; \*\*Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR

O cálculo de evapotranspiração potencial foi realizado por meio do método de balanço hídrico proposto por Thornthwaite e Mather (1955), através de uma planilha desenvolvida no programa Excel conforme metodologia apresentada por Rolim *et al.* (1998), utilizando-se o valor de Capacidade de Água Disponível (CAD) equivalente a 125mm, discutida por Santos *et al.*, (2012, no prelo).

As amostras de precipitação e evapotranspiração foram espacializadas utilizando para tanto, o interpolador média simples disponível no SIG SPRING v.5.0.6, uma vez que sobre análise estatística apresentou um menor Erro Quadrático Médio (EQM), melhor acurácia e, portanto, veracidade com os valores, como demonstra o estudo realizado por Alves (2011). Posterior a isso, foram definidos intervalos às classes temáticas. Contudo, os resultados encontrados no produto final também estão relacionados com o pequeno número de amostras utilizadas no processo de interpolação.

## 6.5 Mapeamento do uso do solo

Para o mapeamento do uso do solo, realizou-se o processo de classificação supervisionada em imagens orbitais do satélite Landsat 5 sensor TM. Essas imagens são disponibilizadas gratuitamente por meio do banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no site: [http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/index\\_pt.php](http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/index_pt.php). A escolha das imagens é justificada por apresentarem ampla resolução temporal, espacial (30 metros, com exceção da banda 6 de resolução espacial de 120 m, não sendo utilizada no trabalho) e espectral com 7 bandas (JENSEN, 2009).

Para tanto, selecionaram-se quatro imagens orbitais na mesma cena que apresentassem a menor disponibilidade de nuvens possível e maior proximidade com as datas de coleta de água. No entanto, devido este satélite apresentar problemas técnicos no imageamento,

conforme esclarecido pela *United States Geological Survey* no site <http://www.usgs.gov/newsroom/article.asp?ID=3040>, as imagens recentes se referem apenas ao ano de 2011. Com o objetivo de verificar a mudança temporal no uso do solo da região da bacia hidrográfica, também selecionaram imagens orbitais que distam dez anos. A utilização de imagens em apenas duas órbitas/ponto deve-se a sua ampla ocorrência na totalidade da bacia hidrográfica. As datas das imagens selecionadas foram: 07/05/2001, 23/10/2001, 03/05/2011 e 04/11/2011.

Inicialmente as imagens passaram pelo processo de georreferenciamento por meio do *software ENVI 4.5* (RSI, 2008), com base na imagem base adquirida no *Global Land Cover Facility* disponível no site [www.landcover.org/index.shtml](http://www.landcover.org/index.shtml). Em seguida, recortou-se a área de estudo e coletaram-se amostras para o processo de classificação supervisionada dos alvos. Levantaram-se pontos de referência das culturas por meio das saídas de campo, com o aparelho *Global Positioning System* (GPS) modelo *Garmin eTrex®* visando acurácia na identificação dos alvos.

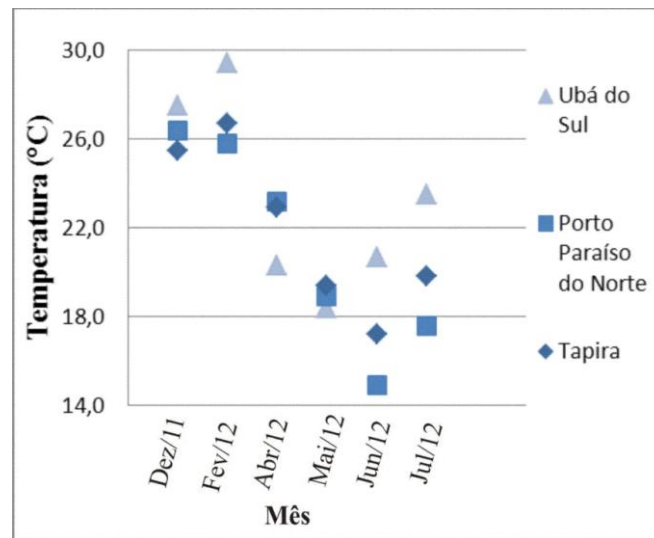
Foram definidas sete classes temáticas: água, floresta, pastagem, solo exposto, culturas temporárias, cana de açúcar e área urbanizada. Selecionaram-se várias amostras da mesma classe temática, objetivando uma melhor classificação. Optou-se por utilizar o algoritmo *Support Vector Machine* (SVM) disponível no SIG *ENVI 4.5* uma vez que apresentou melhores resultados na classificação em relação aos demais algoritmos supervisionados, como demonstra um trabalho recente elaborado por Alves e Fragal (2011). Maiores detalhes em relação ao funcionamento estatístico deste algoritmo devem ser consultados em Sulsoft (2009). Foi utilizada a função *Radial Basis Function* por apresentar-se como mais adequada na classificação dos alvos. Adotou-se a função *Gamma in Kernel Function* 1.0, penalidade 0 devido o tempo de processamento da área em estudo e o limiar de probabilidade de mudanças de classe de valor 0.

Por fim, cada classe recebeu uma coloração própria permitindo melhor representação visual com base no manual do uso da terra desenvolvido por IBGE (2006), com exceção das classes de água, solo exposto e cana-de-açúcar.

## **7 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **7.1 Temperatura da água**

Os valores de temperatura da água do rio Ivaí são apresentados no gráfico da **Figura 13**.



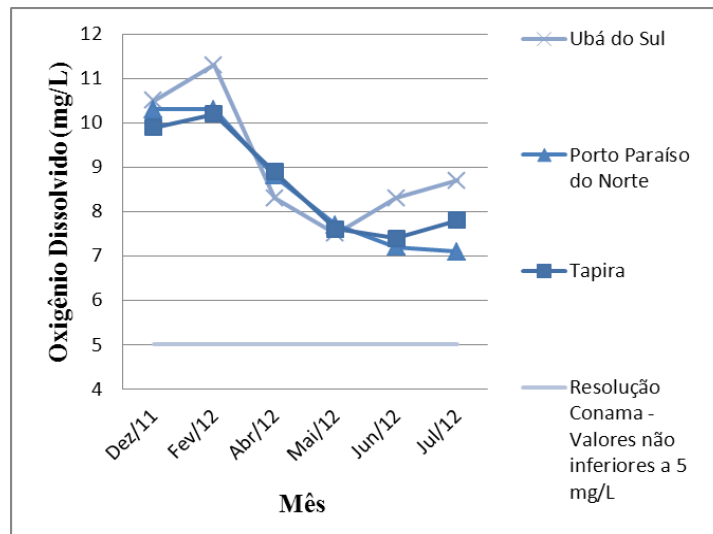
**Figura 13** – Variação da temperatura da água (°C)

A variável temperatura é de extrema importância na participação dos processos físico-químicos e biológicos do meio aquoso. Mudanças no seu regime podem alterar a distribuição de espécies e composição das comunidades aquáticas (CANADA, 1994). Verifica-se na **Figura 13**, que os maiores valores de temperatura da água foram encontrados no mês de fevereiro (29,4°C) na estação fluviométrica de Ubá do Sul e os menores valores no mês de junho em Porto Paraíso do Norte (14,9°C). A diferença encontrada entre os valores máximos e mínimos de temperatura da água é natural e esta relacionada com o clima na região e estação do ano. A variação de temperatura da água entre os pontos de amostragem deve-se a disponibilidade de energia solar no momento da coleta.

## 7.2 Oxigênio Dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido nas águas do rio Ivaí está ilustrada no gráfico da **Figura 14**. Segundo Von Sperling (1995) o oxigênio dissolvido é de essencial importância para os organismos aeróbios. A quantidade de oxigênio dissolvido na água natural varia, pois é dependente da temperatura, salinidade, turbulência (mistura) da água e a pressão atmosférica, diminuindo com a altitude (CANADA, 1994). A baixa concentração de oxigênio dissolvido na água pode estar associado com a presença de matéria orgânica proveniente da ação antrópica que ocasiona, a mortandade de peixes, por exemplo. Durante a estabilização da

matéria orgânica as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio (VON SPERLING, 1996).



**Figura 14-** Variação na concentração de oxigênio dissolvido em mg\ L<sup>-1</sup>.

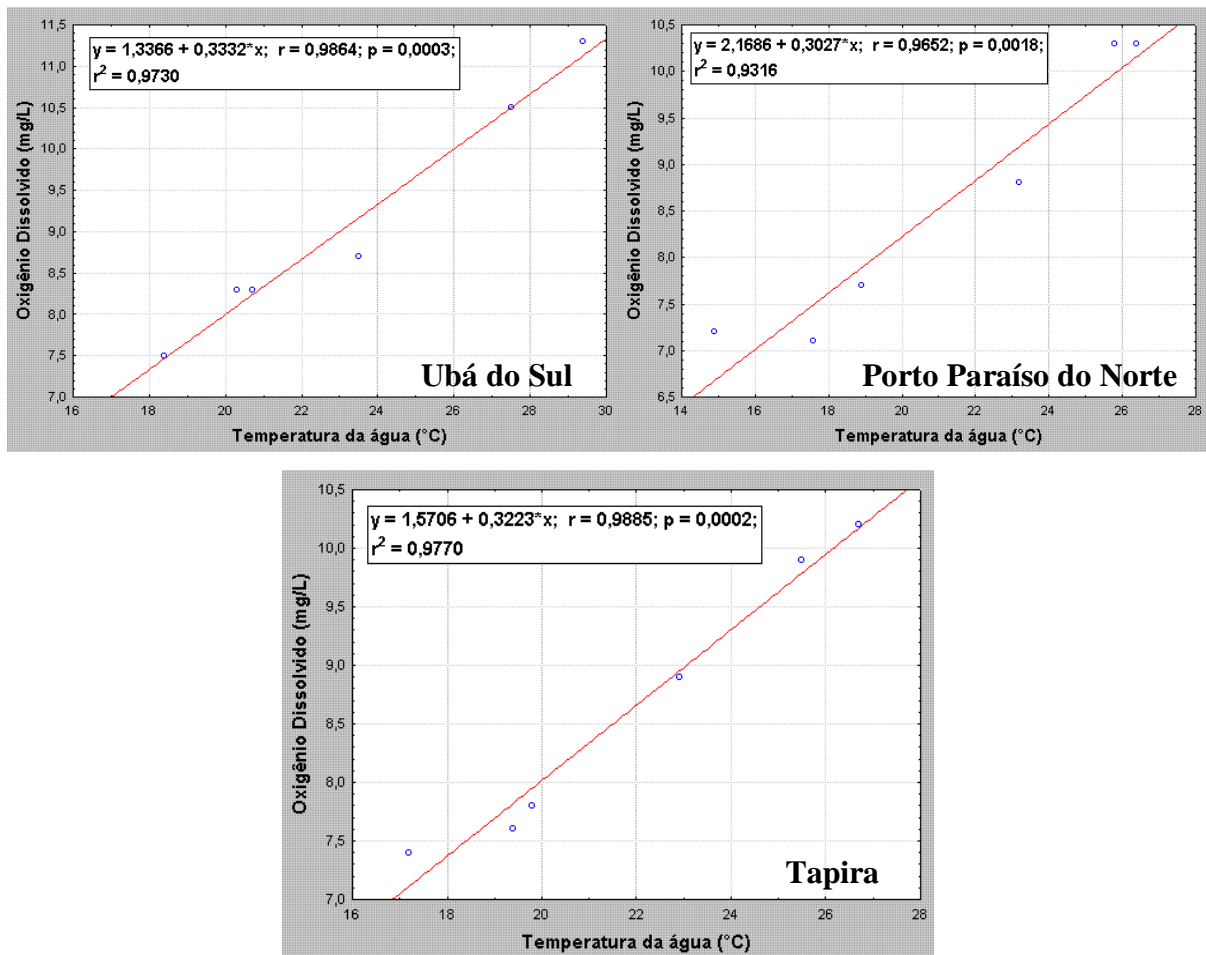
Observa-se no gráfico da **Figura 14** que a variação na concentração de oxigênio dissolvido em todos os pontos de amostragem revelaram sempre elevados se enquadrando nos limites estabelecidos no padrão de qualidade CONAMA n°357/2005. Além disso, os maiores valores da concentração de oxigênio dissolvido encontrados em Ubá do Sul, a montante do rio Ivaí, possivelmente estão associados com a declividade do canal fluvial nesta secção. A análise multitemporal dos valores da concentração deste elemento nas águas do rio Ivaí (**Tabela 4**) permitiu observar que recentemente houve um acréscimo no meio aquoso, principalmente na região do seu curso médio. Isso pode indicar, por exemplo, menor disponibilidade de matéria orgânica proveniente da região a montante desta secção, embora não se tenha realizado a análise deste último parâmetro. Assim, verificou-se que a análise da concentração de oxigênio dissolvido não apresentou um bom indicador de contaminação nas águas deste rio.

**Tabela 4** – Análise multitemporal da variação na concentração de oxigênio dissolvido nas águas do rio Ivaí, região do seu canal onde esta localizada a estação fluviométrica de Tapira e Porto Paraíso do Norte

Estações de Coleta	Ano	Mês												$\bar{X}$
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Porto Paraíso do Norte	2004**	6,5	5,91	3,18	3,25	3,11	3,09	6,8	7,1	7,13	6,33	7,34	...	5,43
	2011-2012***	...	10,3	...	8,8	7,7	7,2	7,1	...	...	...	...	10,3	8,57
Tapira	2008*	...	...	...	10,6	10,8	12,5	...	...	6,4	5,4	...	...	9,14
	2011-2012***	...	10,2	...	8,9	7,6	7,4	7,8	...	...	...	...	9,9	8,63

$\bar{X}$  = Média aritmética. \* Valores referentes a amostragem realizada por Santos *et al.*, (2008b), \*\* Guiraud *et al.*, (2004) e \*\*\* valores obtidos no presente trabalho

A variável temperatura da água quando relacionada com a concentração de oxigênio dissolvido, apresentou uma forte correlação, **Figura 15**. No entanto, os elevados valores de  $r^2$  encontrados, revelam uma situação contrária com aquela encontrada na literatura (VON SPERLING, 1996; CANADA, 1994; CETESB, 2009), pois teoricamente o aumento da temperatura reduziria a concentração de oxigênio dissolvido no meio aquoso. A provável justificativa para tal evento pode estar associada com as propriedades hidrodinâmicas da coluna de água no local de coleta, ou ainda com a presença de níveis de base locais como corredeiras e rápidos. As condições limnológicas e a turbulência nas águas do rio Ivaí poderia ser o fator contribuinte na aeração natural do oxigênio dissolvido, elevando assim, a sua concentração no meio, independente da temperatura encontrada.

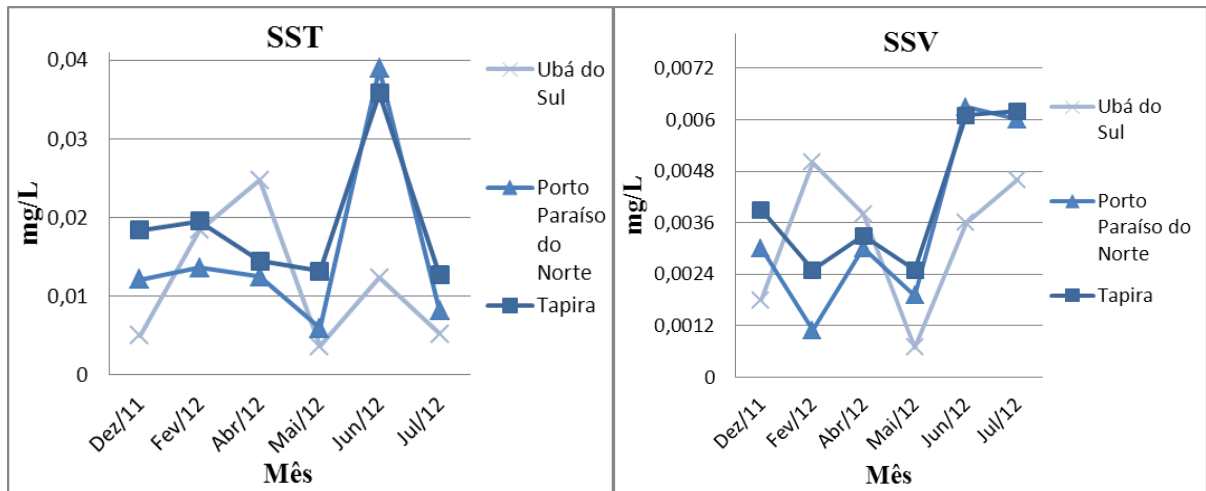


**Figura 15** - Relação entre os valores de temperatura da água e concentração de oxigênio dissolvido nas águas do rio Ivaí

### 7.3 Sólidos suspensos totais e voláteis



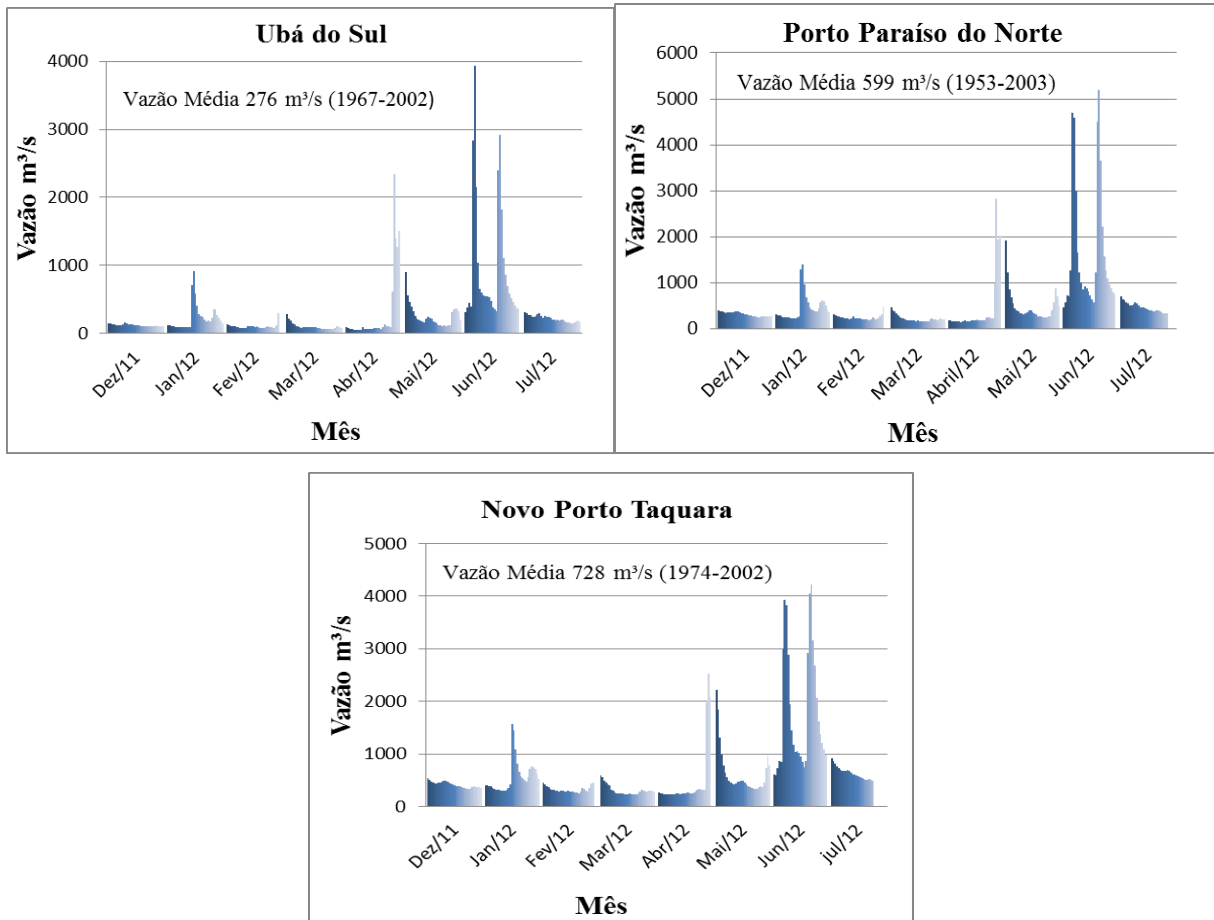
A **Figura 16** apresenta os resultados obtidos com a análise de sólidos suspensos totais e voláteis.



**Figura 16** – Variação na concentração de Sólidos Suspensos Totais (SST) e Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) em mg/L nas águas do rio Ivaí

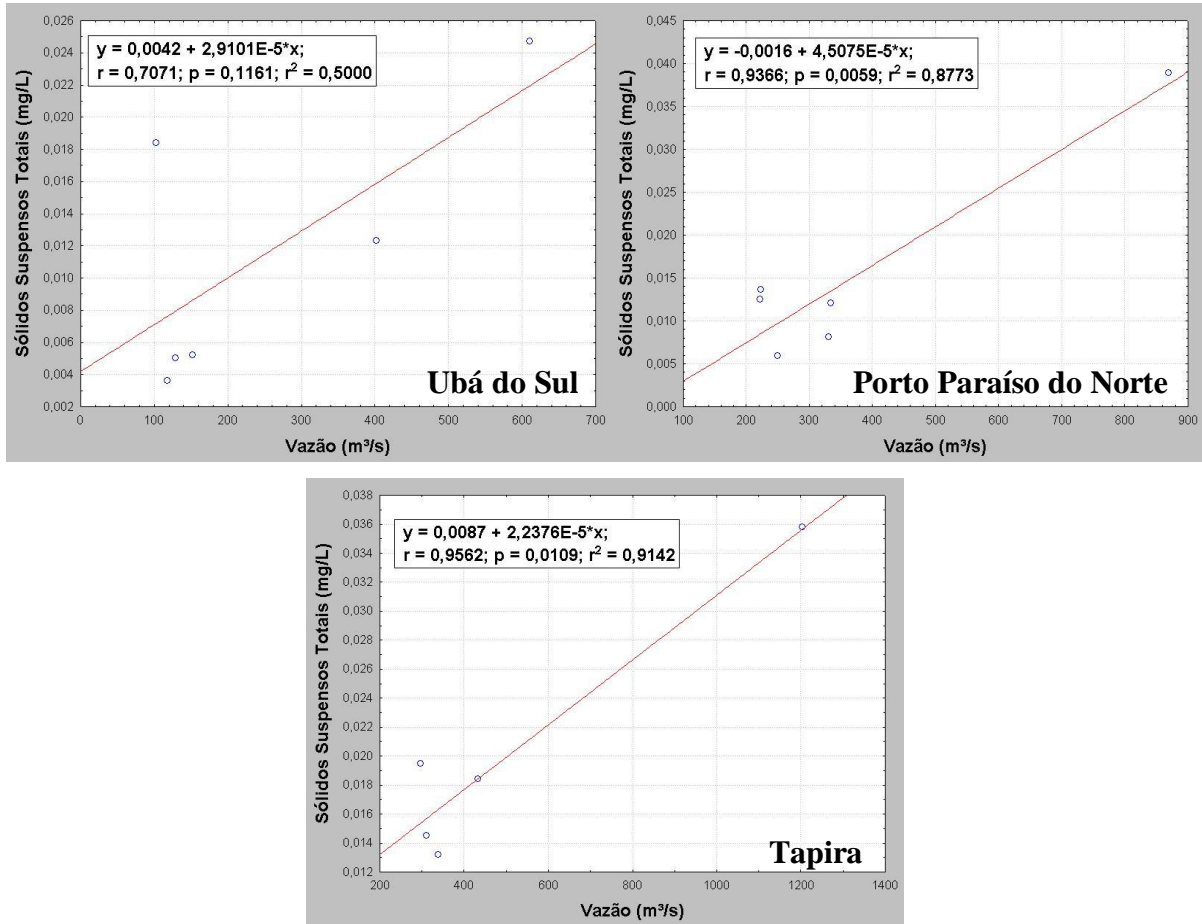
A variação na concentração de sólidos suspensos totais na água está relacionada com as condições naturais de transporte do rio e as variações no débito fluvial. Contudo, elevadas concentrações de sólidos na água podem estar associados à ação antrópica no manejo do uso do solo na bacia hidrográfica, limitando assim, o tratamento da água, seu uso como irrigação ou ainda contribuir com o processo de assoreamento do canal fluvial. Nos recursos hídricos, concentrações elevadas de sólidos suspensos, podem causar danos aos peixes e à vida aquática (CETESB, 2009).

Observa-se no gráfico da **Figura 16** que os valores de sólidos suspensos totais e voláteis nas águas do rio Ivaí se mantem sempre baixos, apresentando relação com o substrato encontrado na bacia hidrográfica. Embora a maior concentração de SST tenha sido encontrada em Porto Paraíso do Norte no mês de junho (0,0389 mg/L) verificou-se ao longo do período analisado no perfil longitudinal do rio Ivaí, que a concentração de material de origem orgânica e inorgânica na água é elevada a jusante desse rio, provavelmente devido ao substrato desta região, tipos de solos, *runoff* e aumento da oferta de sedimentos produzidas na bacia hidrográfica. Os maiores picos de SST e SSV encontrados nas estações de Ubá do Sul e Porto Paraíso do Norte nos meses de abril e junho estão relacionados com a variabilidade da vazão na secção, superando os valores encontrados a jusante em Tapira, **Figura 17**.



**Figura 17** – Valores brutos de vazão média diária ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) nas estações de Ubá do Sul (código 64655000), Porto Paraíso do Norte (código 64685000) e Novo Porto Taquara (código 64693000). A vazão média anual nas referidas estações corresponde aos valores obtidos por Destefani (2005)

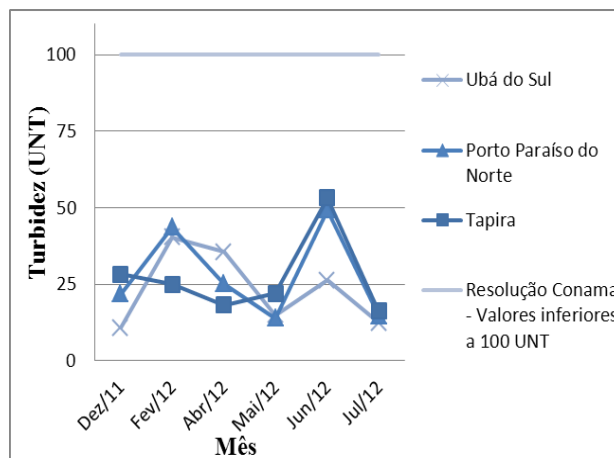
Com a análise de relação entre a variável vazão e sólidos suspensos totais, verificou-se uma forte correlação, embora tenha se encontrado um valor de  $r^2$  pouco significativo (0,5) referente à amostragem em Ubá do Sul, **Figura 18**. Contudo, os valores discrepantes (*outliers*) identificados na análise desta secção, podem estar associados a erros experimentais e serem pouco prováveis de ocorrerem ou ainda fazem parte do erro aleatório presente no conjunto amostral. Embora tenha sido realizada essa relação com um número pequeno de amostras o que diminui a precisão da análise, é possível indicar que conforme eleva a vazão da secção do canal, aumenta a sua capacidade de transporte e conseqüentemente a concentração de sólidos suspensos totais na água, sendo verificado o maior valor de  $r^2$  (0,91) em Tapira, a jusante do rio Ivaí.



**Figura 18** – Relação entre os valores de vazão e sólidos suspensos totais nas águas do rio Ivaí

7.4 Turbidez

A **Figura 19** apresenta os resultados obtidos na análise de turbidez das águas do rio Ivaí.



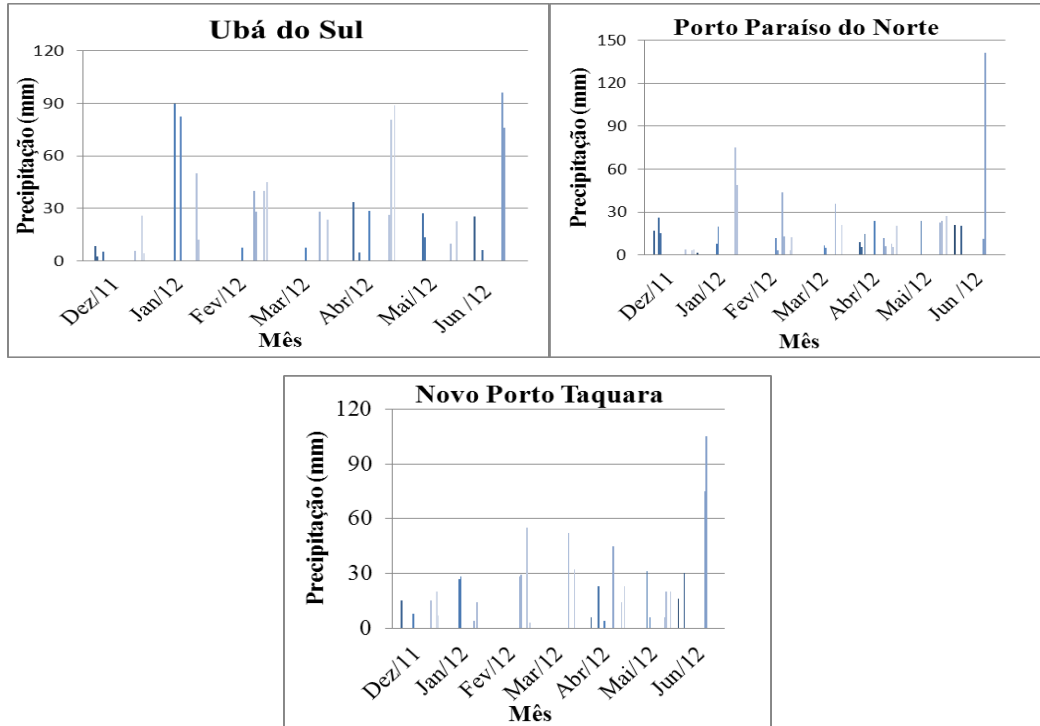
**Figura 19**– Valores de Turbidez das águas do rio Ivaí em Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT)

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, tais como algas e bactérias, plâncton em geral, entre outros (CETESB, 2009). Com isso, o elevado grau de turbidez da água conseqüentemente provoca a diminuição de energia solar disponível no processo de fotossíntese no meio aquoso. A ação antrópica também pode contribuir com o aumento dos valores de turbidez da água, por meio das práticas de manejo no uso do solo na bacia hidrográfica e atividades mineradoras, por exemplo.

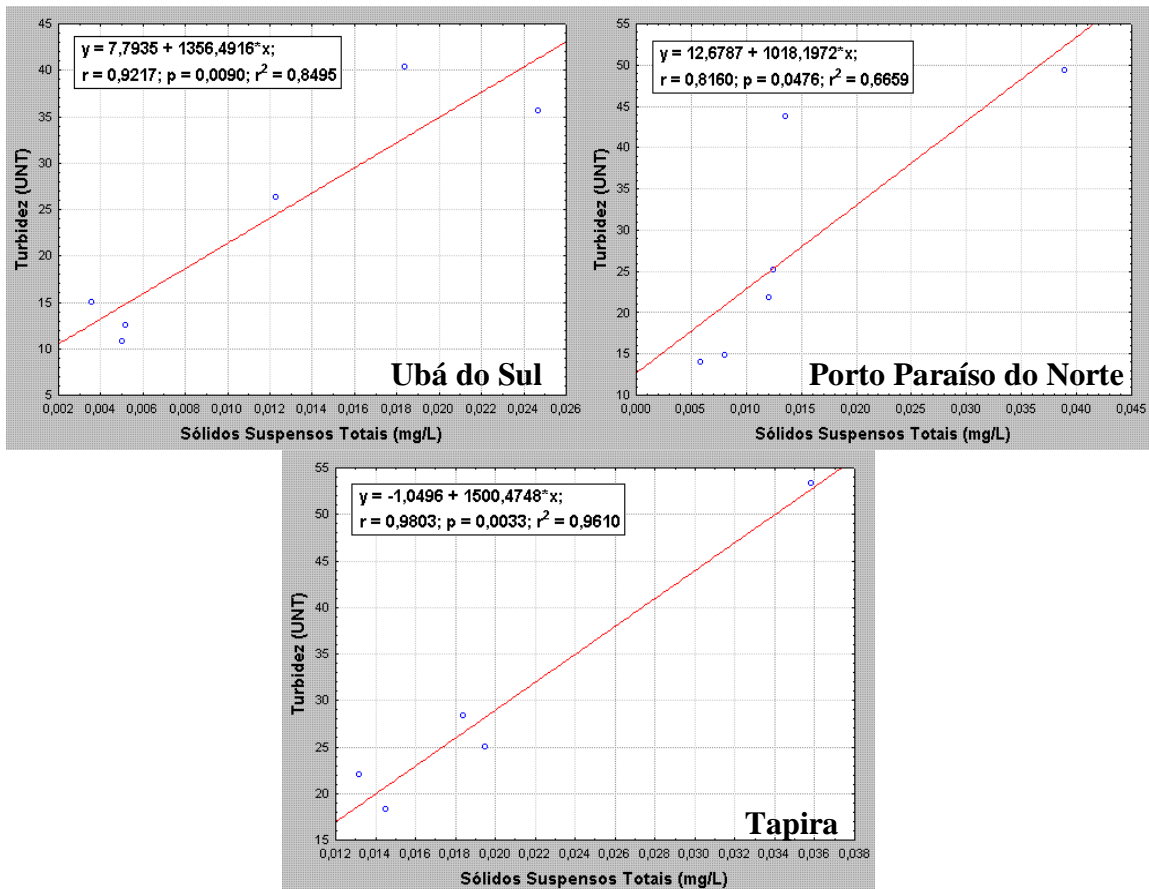
Observa-se no gráfico da **Figura 19**, que os maiores valores de turbidez foram encontrados na estação fluviométrica de Tapira no mês de junho (53,3 UNT) e os menores valores em Ubá do Sul em dezembro do ano anterior (10,8 UNT). Embora os valores de turbidez na amostragem não ultrapassem os limites estabelecidos na resolução CONAMA nº357/2005, verificou-se principalmente na região do município de Tapira, a elevada característica turva da água.

Conforme o calendário agrícola de cada região da bacia hidrográfica e por meio das campanhas de campo realizadas no período de amostragem de água foi possível verificar que o período de preparo ao solo ocorre entre os meses de janeiro a abril, sendo que o plantio de soja acontece em dezembro e de milho no mês de maio. O período de exposição do solo (janeiro a abril) relacionado com os elevados valores de precipitação pluviométrica ocorrentes nesse período (**Figura 20**), possivelmente forneceram condições necessárias no transporte de sedimentos ao canal fluvial. Isso poderia explicar, por exemplo, o pico nos valores de turbidez da água no mês de fevereiro nas estações de Porto Paraíso do Norte e Ubá do Sul respectivamente, embora o maior valor mensal do período tenha ocorrido no mês de junho.

A relação entre a variável turbidez e sólidos suspensos totais é apresentada na **Figura 21**. Verifica-se uma forte correlação entre essas variáveis principalmente na amostragem referente a estação de Tapira ( $r^2$  de 0,96). A relação entre as variáveis de turbidez e sólidos suspensos totais, já era esperada, pois ambas as análises são dependentes e mensuram direta ou indiretamente a quantidade do material em suspensão no meio aquoso.



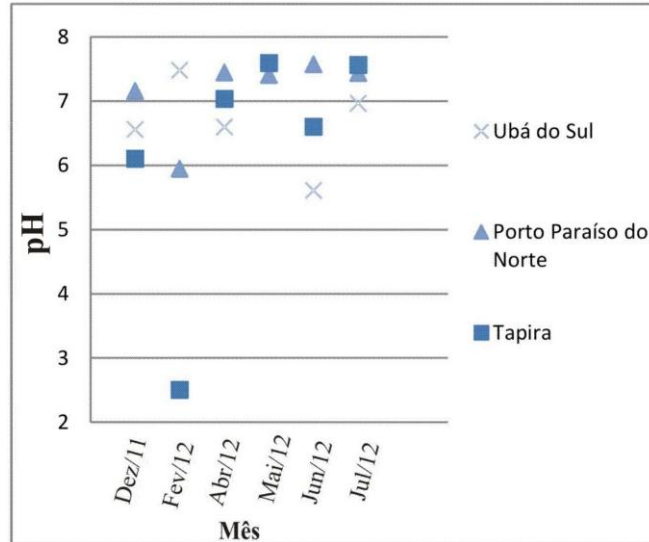
**Figura 20** – Valores diários de precipitação pluviométrica referente as estações de Ubá do Sul (código 02451002), Porto Paraíso do Norte (código 02352000) e Novo Porto Taquara (código 02353044)



**Figura 21** – Relação entre os valores de turbidez e sólidos suspensos totais nas águas do rio Ivai

## 7.5 Potencial Hidrogeniônico

A **Figura 22** apresenta os valores obtidos com a análise de pH nas águas do rio Ivaí.



**Figura 22** – Valores de pH nas águas do rio Ivaí

O pH indica o equilíbrio entre os ácidos e bases em água, a presença de carbonatos, hidróxidos e bicarbonatos aumenta a alcalinidade da água, enquanto a presença de ácidos minerais livres e ácido carbônico aumenta a sua acidez (CANADA, 1994). De acordo com Von Sperling (1996), os valores de pH podem variar com a sua origem natural (dissolução de minerais presentes nas rochas) ou antrópica (despejos domésticos).

Conforme estabelecido no padrão de qualidade CONAMA n°357/2005, os valores de pH para rios de classe 2 podem variar entre 6 a 9. Observa-se na **Figura 22**, que as estações de Tapira, Porto Paraíso do Norte e Ubá do Sul, apresentaram valores críticos de pH, referente a amostragem dos meses de fevereiro e junho, respectivamente. Embora Santos *et al.*, (2008b) não tenha verificado alteração nos valores de pH a jusante do rio Ivaí, Guiraud *et al.*, (2004) obteve em seu trabalho valores inferiores de pH no curso médio desse rio, revelando sua possível contaminação por ação antrópica, **Tabela 5**. Isso evidencia que o impacto ambiental por contaminação provavelmente de origem antrópica esta presente na região a montante do curso médio deste sistema fluvial.

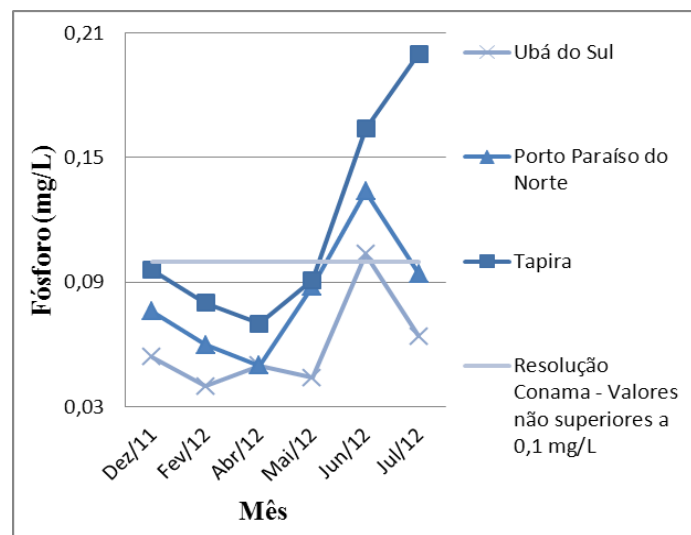
**Tabela 5** – Análise multitemporal do pH das águas do rio Ivaí nas estações de Tapira e Porto Paraíso do Norte

Estações de Coleta	Ano	Mês												$\bar{X}$
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Porto Paraíso do Norte	2004**	7,02	7,68	7,76	7,26	7,28	6,92	6,99	6,75	8,15	<b>5,8</b>	7,04	7,14	7,15
	2011-2012***	...	<b>5,94</b>	...	7,44	7,4	7,57	7,43	...	...	...	...	7,15	7,16
Tapira	2008*	...	...	...	6,98	7,52	6,74	...	...	7,93	7,53	...	...	6,12
	2011-2012***	...	<b>2,5</b>	...	7,03	7,59	6,6	7,56	...	...	...	...	6,1	6,23

$\bar{X}$  = Média aritmética. \* valores da amostragem realizada por Santos *et al.*, (2008b), \*\* Guiraud *et al.*, (2004) e \*\*\* valores obtidos no presente trabalho

## 7.6 Fósforo Total

A **Figura 23** apresenta os resultados obtidos com a análise de fósforo total nas águas do rio Ivaí.



**Figura 23** – Variação na concentração de fósforo em mg/L<sup>-1</sup>

O fósforo pode ser encontrado na água a partir de origem natural (dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica) ou ainda oriundo de atividades antrópicas através de despejos domésticos, industriais, fertilizantes, detergentes e excrementos de animais (VON SPERLING, 1996). Em elevadas concentrações, esse elemento pode ocasionar o processo de eutrofização nas águas, com consequente aumento de algas no meio aquoso.

Verifica-se no gráfico da **Figura 23**, que a concentração de fósforo total nas águas do rio Ivaí ultrapassa os limites estabelecidos na resolução CONAMA n°357/2005 em todas as estações de coleta no mês de junho e em julho, quando se verificou em Tapira praticamente o dobro do valor permitido nesta resolução. A provável fonte de contaminação nas águas deste

rio deve-se ao uso de produtos químicos como fertilizantes á base de fósforo no manejo das culturas que durante eventos de precipitação podem ser transportados para a rede de drenagem. O predomínio das atividades agrícolas na bacia hidrográfica pôde ser observado conforme demonstra a **Figura 24**.



**Figura 24-** Região da bacia hidrográfica do rio Ivaí com possível fonte de contaminação pontual e difusa na água. Observa-se nas imagens, a forte presença de culturas temporárias e áreas com pastagem. **Fonte:** fotografias cedidas gentilmente por Nelson Douhy



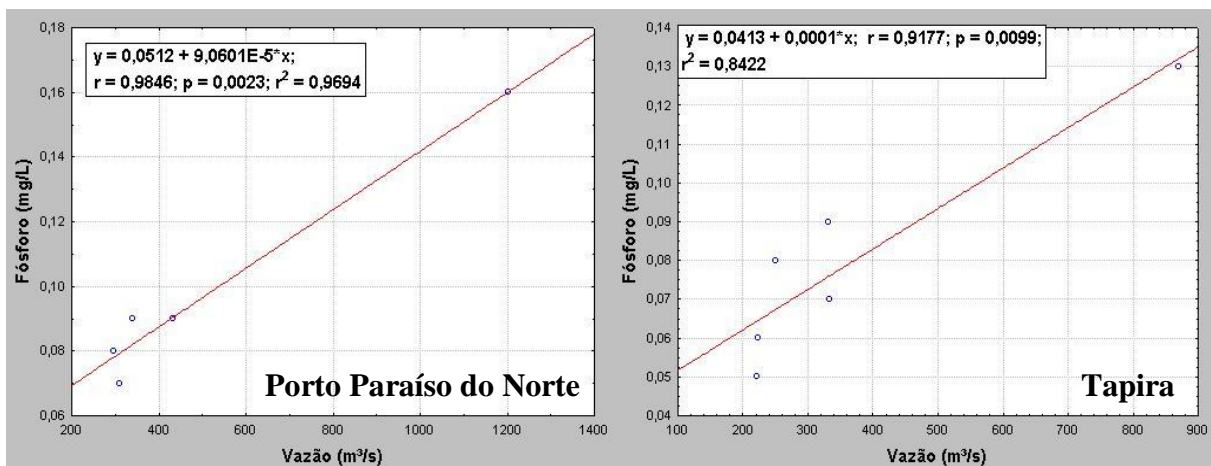
A análise temporal da variabilidade de fósforo nas águas do rio Ivaí, revelou uma concentração elevada na região do seu curso médio, **Tabela 6**. Isso demonstra que, a contaminação por uso de produtos químicos às culturas temporárias provém, sobretudo, da região a montante deste segmento do canal fluvial.

**Tabela 6** - Análise multitemporal da variação na concentração de fósforo nas águas do rio Ivaí, na estação de Porto Paraíso do Norte.

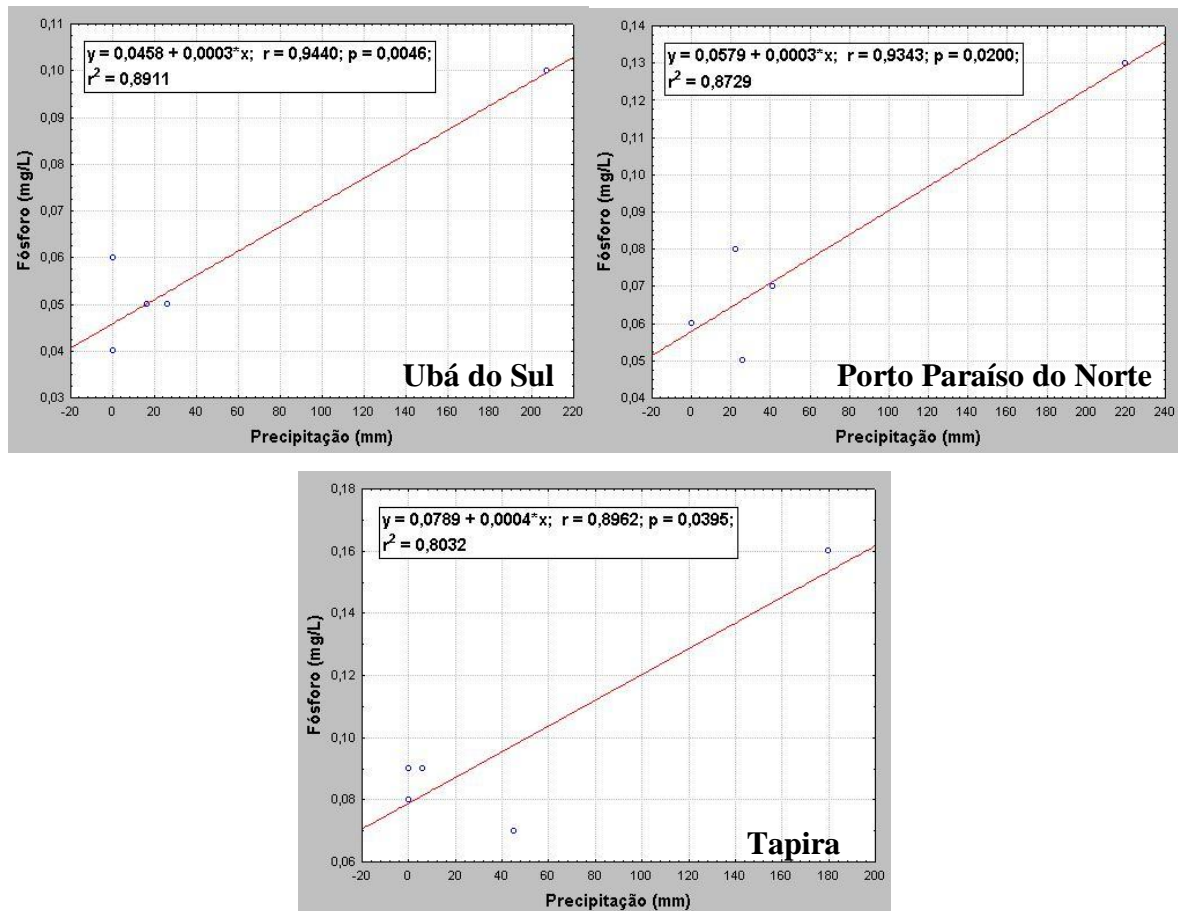
Estação de coleta	Ano	Mês												$\bar{X}$
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Porto Paraíso do Norte	2004**	0,02	0,12	0,05	0,02	0,04	0,33	0,12	0,08	0,05	0,03	0,02	0,03	0,08
	2011-2012***	...	0,06	...	0,05	0,09	0,13	0,094	...	...	...	...	0,08	0,08

$\bar{X}$  = Média aritmética. \*\* Valores referentes à amostragem realizada por Guiraud *et al.*, (2004) \*\*\* valores encontrados no presente trabalho

A relação existente entre a variável vazão e fósforo na amostragem referente a estação de Tapira e Porto Paraíso do Norte é ilustrada na **Figura 25**. Os elevados valores de  $r^2$  (0,84 e 0,96, respectivamente) podem indicar a influência da vazão no transporte e aumento na concentração de fósforo nas águas do rio Ivaí, embora não se tenha encontrado uma relação significativa na amostragem referente a estação fluviométrica de Ubá do Sul e por tanto diminuindo a precisão desta análise. Além disso, foi verificado que a relação entre a variável precipitação e fósforo pode apresentar maior nível de correlação, **Figura 26**. Isso pode indicar, que quanto maior for a quantidade de precipitação pluviométrica sobre a área da bacia hidrográfica, maior será a quantidade de fósforo transportado para o canal fluvial.



**Figura 25**- Relação entre os valores de vazão e fósforo nas águas do rio Ivaí



**Figura 26-** Relação entre os valores de fósforo e precipitação que distam dez dias anteriores a data de coleta de água no rio Ivaí

### 7.7 Coliformes Termotolerantes

A **Tabela 7** apresenta os valores obtidos com a análise de coliformes termotolerantes.

**Tabela 7-** Variação na concentração de coliformes termotolerantes nas águas do rio Ivaí

Estações de Coleta				CONAMA nº357/2005
Mês	Tapira	Porto Paraíso do Norte	Ubá do Sul	Valores não superiores a 1.000 coliformes para cada 100ml de amostra de água
Dez/11	100	200	AUSENTE	
Fev/12	100	AUSENTE	AUSENTE	
Abr/12	200	900	<b>1.500</b>	
Mai/12	200	500	100	
Jun/12	300	AUSENTE	200	
Jul/12	AUSENTE	100	AUSENTE	

Dentre os microrganismos presentes no grupo coliforme, somente a *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, sendo raramente encontrada na água ou solo que não tenham

recebido contaminação fecal (CETESB, 2009). Conforme mencionado por Alves *et al.*, (2006) a determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica.

A partir da análise da **Tabela 7**, observa-se que os valores encontrados apenas no mês de Abril (1.500 coliformes) na estação de Ubá do Sul ultrapassam os limites estabelecidos na resolução vigente. A provável fonte de contaminação na água da referida estação, deve-se provavelmente a criação de gado e seu contato com a água que ocupa grande parte a montante da estação de coleta.

#### 7.8 Valores médios e variabilidade das amostras em relação ao mês de coleta de água e perfil longitudinal do rio Ivaí

As **Tabelas 8 e 9** apresentam respectivamente, os valores médios e o desvio padrão das amostras obtidas com a análise dos principais parâmetros de qualidade de água.

**Tabela 8** – Valores médios e desvio padrão mensal das amostras de água do rio Ivaí

Mês	Temperatura (°C)		OD (mg/L)		SST (mg/L)		SSV (mg/L)		Turbidez (UNT)		Ph		Fósforo t. (mg/L)	
	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
Dez/11	26,5	1,00	10,23	0,31	0,0100	0,0067	0,0029	0,0011	20,30	8,85	6,6	0,53	0,075	0,021
Fev/12	27,3	1,87	10,60	0,61	0,0200	0,0031	0,0029	0,002	36,37	9,98	5,3	<b>2,55</b>	0,060	0,020
Abril/12	22,1	1,59	8,67	0,32	0,0200	0,0065	0,0034	0,0004	26,37	8,71	7,02	0,43	0,057	0,012
Mai/12	18,9	0,5	7,60	0,10	0,0100	0,0050	0,0017	0,0009	17,00	4,36	7,47	0,11	0,074	0,026
Junho/12	17,6	2,92	7,63	0,59	0,0300	<b>0,0145</b>	0,0053	<b>0,0015</b>	42,99	<b>14,56</b>	6,59	0,99	0,134	0,030
Julho/12	20,3	<b>2,98</b>	7,87	<b>0,80</b>	0,0100	0,0037	0,0056	0,0009	14,50	1,87	7,32	0,32	0,119	<b>0,071</b>

\*  $\bar{X}$  = Média aritmética, S = Desvio padrão amostral

**Tabela 9** – Valores médios e desvio padrão das amostras em relação ao perfil longitudinal do rio Ivaí

Estação de coleta	Temperatura (°C)		OD (mg/L)		SST (mg/L)		SSV (mg/L)		Turbidez (UNT)		ph		Fósforo total (mg/L)	
	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
Ubá do Sul	23,3	4,35	9,10	<b>1,47</b>	0,0120	0,0086	0,0033	0,0016	23,44	12,61	6,76	0,69	0,060	0,020
Porto Paraíso do Norte	21,1	<b>4,69</b>	8,57	<b>1,47</b>	0,0150	0,0120	0,0036	<b>0,0021</b>	28,14	<b>14,95</b>	7,16	0,61	0,080	0,030
Tapira	21,90	3,73	8,63	1,22	0,0190	<b>0,0087</b>	0,0041	0,0016	27,18	13,52	6,23	<b>1,91</b>	0,120	<b>0,050</b>

\* $\bar{X}$  = Média aritmética, S = Desvio padrão amostral

Observa-se na **Tabela 8** que a amostragem referente aos meses de junho e julho de 2012 apresentaram os maiores valores de desvio padrão amostral em relação a média. O fato da existência de valores extremos (*outliers*) na amostragem, por exemplo, poderia contribuir

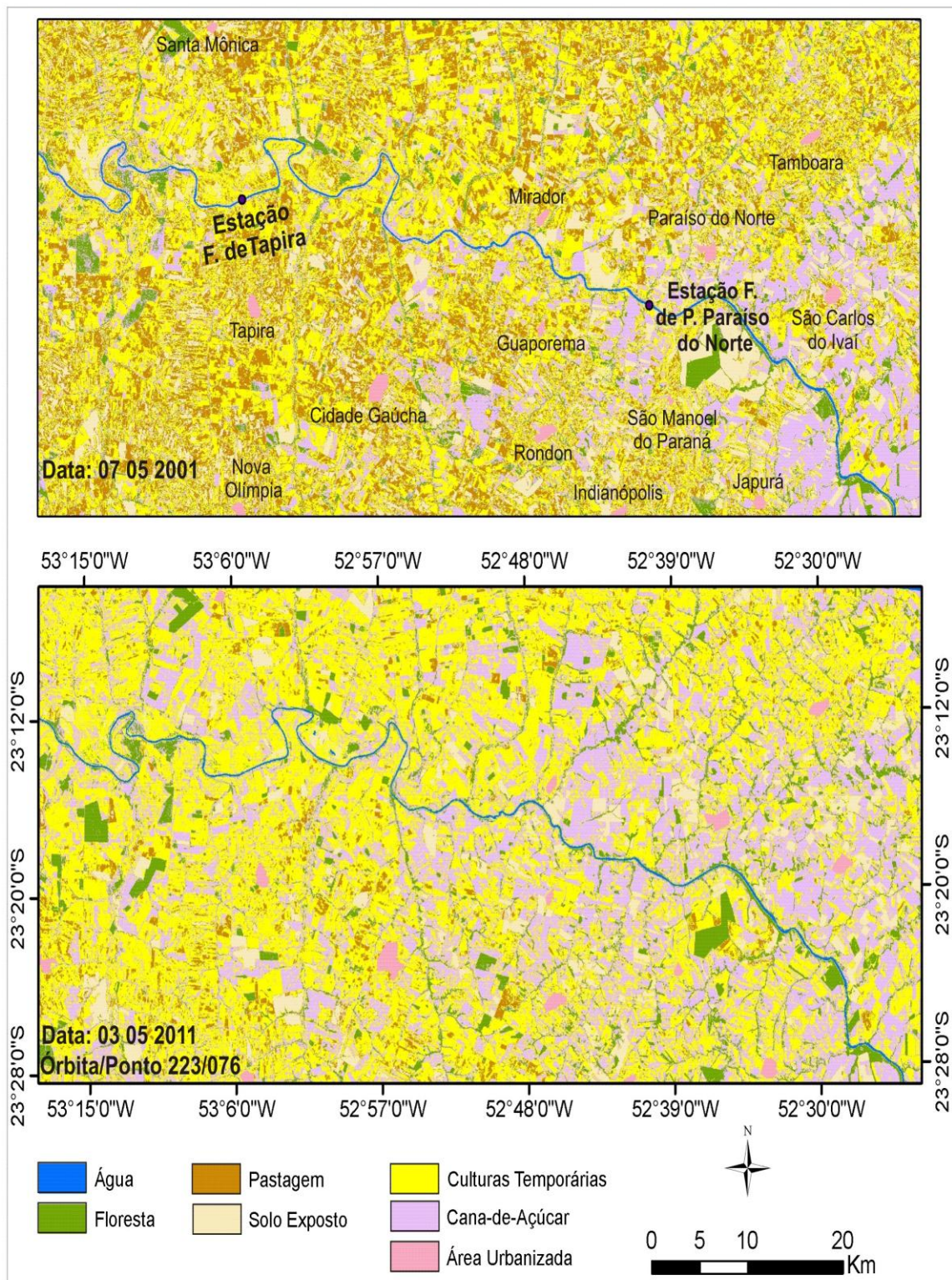
com a amplitude e dispersão dos valores. Além disso, os elevados valores de vazão e precipitação verificados nesses meses, entre outros fatores, provavelmente contribuíram com a maior dispersão (variabilidade) dos valores das análises em relação a média central.

Quando verificado a variabilidade dos valores das principais análises realizadas ao longo do perfil longitudinal do rio Ivaí (**Tabela 9**), ou seja, em relação às três estações de coleta de água, observou-se que cinco dos sete parâmetros que apresentaram a maior dispersão dos valores correspondem a estação de Porto Paraíso do Norte, localizada no curso médio do rio Ivaí. A provável justificativa pode estar relacionada com as propriedades físicas do canal fluvial e hidrodinâmica da coluna de água desta secção de coleta, podendo assim contribuir com a variação na amplitude dos valores e sua dispersão em relação a média central.

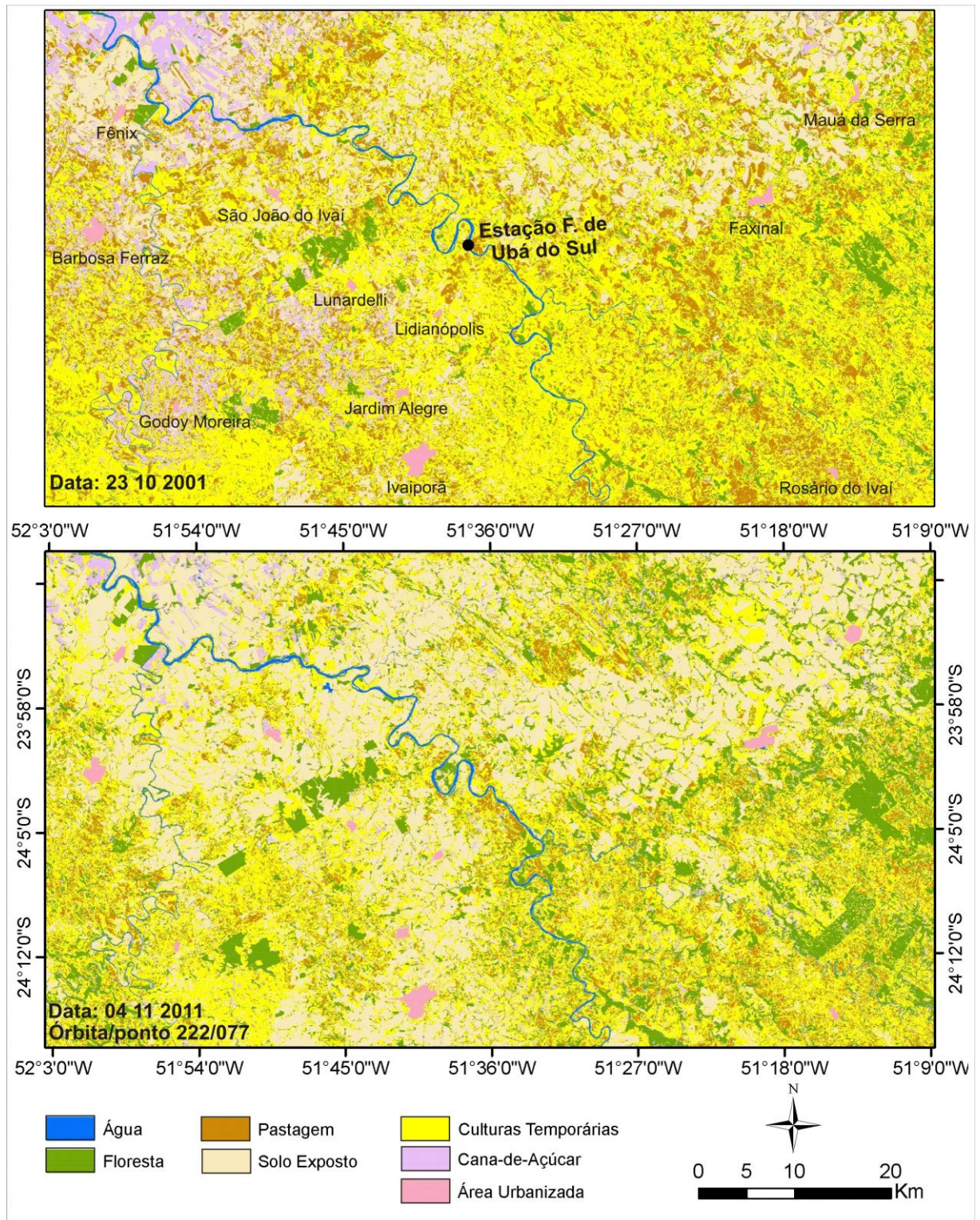
#### 7.9 Uso do Solo

A predominância agrícola da área que contempla a bacia hidrográfica do rio Ivaí, já pode ser investigada por Morais *et al.*, (2005); Santos *et al.*, (2008b), sendo validada no presente trabalho, com o mapeamento do uso do solo verificado nas **Figuras 27 e 28** respectivamente.

Os valores de produtividade na safra (em toneladas) no mês de setembro de 2010 obtidos por meio do banco de dados da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do estado do Paraná (SEAB, 2012), revelam que a região Norte-Central da bacia hidrográfica do rio Ivaí concentra os maiores valores de produtividade das culturas tradicionais (58%), enquanto que a região Noroeste contempla 42%. A maior concentração de culturas temporárias na Mesorregião Norte-central da bacia hidrográfica deve-se entre outros fatores, ao substrato e desenvolvimento de solos férteis nesta região, que favorecem o desenvolvimento da agricultura.



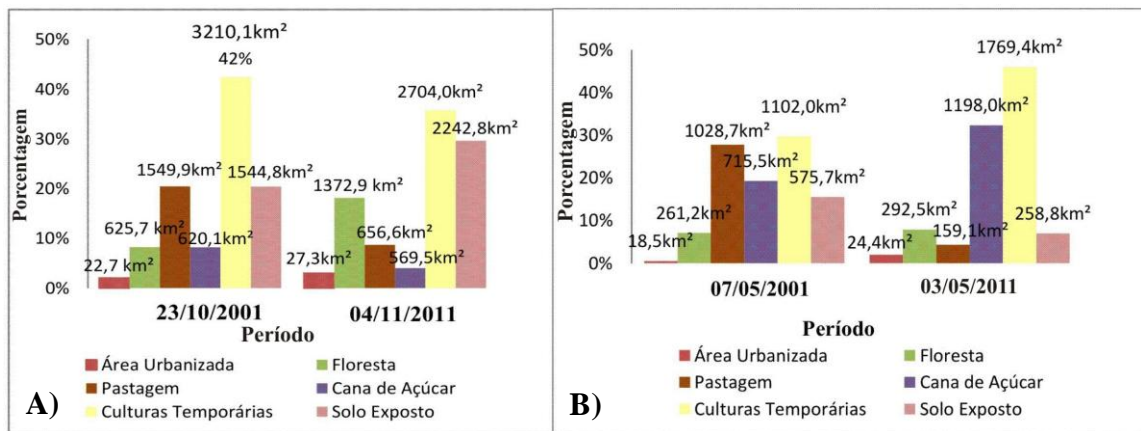
**Figura 27** – Classes de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, onde se localizam as estações fluviométricas de Porto Paraíso do Norte e Tapira, a jusante do rio Ivaí



**Figura 28** – Classes de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica onde esta localizada a estação fluviométrica de Ubá do Sul, a montante do rio Ivaí

A atividade industrial tem menor representatividade na região Noroeste da bacia hidrográfica, embora seja possível encontrar indústrias canavieiras, por exemplo. Contudo, a maior concentração industrial se localiza na região Sudeste da bacia hidrográfica, onde

também é verificada a maior densidade populacional. A porcentagem das principais classes de uso do solo mapeadas para a região da bacia hidrográfica é ilustrada na **Figura 29**.



**Figura 29** – Porcentagem das principais classes do uso do solo na bacia hidrográfica. **A)** Região a montante do rio Ivaí **B)** Região a jusante.

A partir da **Figura 28** verificou-se que houve um crescimento temporal nas áreas de culturas temporárias, cana-de-açúcar e uma diminuição na classe de pastagem, fato verificado principalmente na região a jusante do rio Ivaí. O avanço no plantio da cultura de cana-de-açúcar evidencia o seu crescimento no mercado a nível regional e estadual. Por outro lado, na região a montante desse rio, o decréscimo das áreas de culturas temporárias em 04/11/2011 é devido ao solo se encontrar no estágio de preparo para o cultivo, visto a quantidade das áreas classificadas como solo exposto na data da imagem. O aumento nas áreas de florestas a montante do rio Ivaí, deve-se provavelmente a atividade de reflorestamento, sendo verificada com maior realce nas regiões próximas ao município de Faxinal e Rosário do Ivaí, **Figura 28**.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração dos produtos cartográficos da bacia hidrográfica do rio Ivaí, foi importante na forma que possibilitou a caracterização espaço-temporal dos fenômenos que envolvem o seu meio físico. Além disso, o conjunto de mapas temáticos poderá subsidiar trabalhos futuros que visam o planejamento desta bacia hidrográfica.

Os métodos de coleta e análise de água utilizados no presente trabalho permitiram avaliar os parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade da água do rio Ivaí ao longo do seu perfil longitudinal. Durante o período de amostragem da água foi possível identificar valores de pH que ultrapassaram os valores estabelecidos na resolução CONAMA

n°357/2005. Assim, a contaminação por atividade antrópica permanece nas águas deste rio, proveniente, principalmente, da região a montante do curso médio deste sistema fluvial.

Os resultados obtidos com a análise de fósforo total nas águas do rio Ivaí permaneceram superiores com aqueles permitidos na resolução vigente no país. Isso pode indicar que o uso de produtos químicos, como fertilizantes no manejo das culturas na bacia hidrográfica predominam durante o ano.

Embora os valores de coliformes termotolerantes ultrapasassem os limites na legislação apenas em um mês de amostragem de água, foi verificado o forte predomínio da criação de gado, a montante das estações de coleta, via dados orbitais e reconhecimento das áreas por meio das campanhas de campo.

Sendo assim, por assumir predominância na totalidade da bacia hidrográfica, as atividades agrícolas e práticas de manejo ao solo tornam-se a principal fonte de contaminação nas águas deste sistema fluvial, embora não seja descartada, a contaminação por atividades industriais. Embora não se tenha realizado a análise de metais pesados, pesticidas e índices de matéria orgânica, os resultados encontrados no presente trabalho, indicam que este sistema fluvial esta comprometido, em razão da mudança de suas características naturais por ação da atividade antrópica.

Com a análise estatística das variáveis foi possível alcançar valores relevantes de correlação ( $r^2$ ), embora tenha sido realizada com um número pequeno de amostras. Foi verificada a forte relação da variável precipitação e vazão no transporte de partículas e elevação da concentração dos elementos na água.

Desta forma, os valores obtidos com as análises de água realizadas no presente trabalho quando comparado com resultados de amostragens anteriores evidenciam a necessidade de se adotar políticas de planejamento na bacia hidrográfica deste importante sistema fluvial Paranaense, pois o impacto ambiental continua na região onde se concentra grande parte das atividades econômicas e da sociedade do estado do Paraná.

Como proposta de trabalhos futuros recomenda-se:

-Monitoramento espaço-temporal em um período maior dos parâmetros de qualidade de água, ao longo do perfil longitudinal do rio Ivaí e nos tributários constituintes de sua bacia hidrográfica.

- Análise de pesticidas na água visando sua identificação e a tipologia de agrotóxico utilizado no manejo das culturas.

- Validação das relações encontradas entre as variáveis a partir de um conjunto maior de amostras de água deste sistema fluvial.



## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E.C.; SILVA, C.F.; COSSICH, E.S.; TAVARES, C.R.G.; SANTOS, M.L.; SOUZA FILHO, E.E.; SOARES, P.F., CARNIEL, A. **Monitoramento da qualidade da água do rio Pirapó – Paraná – Brasil: Parâmetros físicos, químicos e biológicos**. 8º Congresso da água. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Figueira da Foz, 13 a 17 de Março de 2006. p 1-11.

ALVES, E. C.; SILVA, C.F.; COSSICH, E.S.; TAVARES, C.R.G.; SOUZA FILHO, E.E.; CARNIEL, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Sci. Technol.** Maringá, v.30, n1, p. 39-48, 2008.

ALVES, F. C. **Avaliação de interpoladores para a espacialização de variáveis de precipitação na bacia hidrográfica do rio Ivaí**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. Anais. São José dos Campos: INPE, 2011. p. 4070-4077.

ALVES, F. C; FRAGAL, E. H. **Avaliação dos algoritmos MAXVER e SVM na classificação da cobertura vegetal da planície de inundação do alto rio Paraná**. Anais do II Encontro Estadual de Geografia e Ensino e XX Semana da Geografia da Universidade Estadual de Maringá, 2011. Maringá-UEM, p. 0621-0632.

ANDRADE, A.R.; NERY, J.T. Análise da precipitação pluviométrica diária, mensal e interanual da bacia hidrográfica do Rio Ivaí, Brasil. **Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía**. UNAM, México, n. 52, p. 7-30, 2003.

ANDRADE, A.R.; AZEVEDO, L.C.; NERY, J.T. **Distribuição e frequência da precipitação pluvial diária na bacia hidrográfica do rio Ivaí – Paraná**. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina. USP, 2005. pg. 813-836.

APHA – American Public Health Association. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 18th edition. **American Public Health Association**, Washington, D.C. 1992.

BALDO, M.C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista – UNESP. Presidente Prudente, 2006. 153p.

BARROS, C.S. **Dinâmica sedimentar e hidrológica na confluência do rio Ivaí com o rio Paraná, município de Icaraíma- PR**. (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual de Maringá-UEM, Maringá, 2006. 69p.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.

BIAZIN, P. C. **Característica Sedimentar e Hidrológica do Rio Ivaí em sua Foz com o Rio Paraná, Icaraíma-PR**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Maringá-UEM, Maringá, 2005, 73p.

CANADA (New Brunswick Water/Economy Agreement). **Monitoring surface water quality – A guide for citizens, students and communities in Atlantic Canada**. New Brunswick: / Environment Canada. 1994. 76 p.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. Série de relatórios, São Paulo, 2009, 44p.

COELHO, A. R. **Dinâmica fluvial e qualidade da água da bacia de drenagem do ribeirão Maringá: contribuição para o planejamento e gestão ambiental**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, 2007. 139p.

DESTEFANI, E. V. **Regime hidrológico do rio Ivaí – PR**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005, 64p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA. Mapa de Solos do estado do Paraná. **Boletim técnico**. EMBRAPA/SNLCS d.96, 2007. 73 p.

ESRI. ArcGIS Desktop 9.2. **Guides Book**. 2006.

FUGITA, R.H. **O Perfil Longitudinal do Rio Ivaí e sua Relação com a Dinâmica de Fluxos**. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual de Maringá-UEM. Maringá, 2009. 98p.

GASPARETTO, N.V.L. SOUZA, M.L. **Contexto geológico-geotécnico da formação Caiuá no Terceiro Planalto Paranaense – PR**. In: Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense, 1., Maringá, 2003. Anais. Maringá, ENGEOPAR, 2003. p.53-65.

GUIRAUD, D.M.C.; LENZI, E.; LUCHESE, E.B.; FÁVERO, L.O.B. Loss of macronutrients (N, P,K) in the hydrographic basin of the River Ivaí, an affluent of the River Paraná. **Brazilian Archives Biology Technology**, Curitiba,v. 47, n. 4, p. 649-658, 2004.

HESPANHOL, K.M.H. **Monitoramento e diagnóstico da qualidade da água do ribeirão Moranguero**. Dissertação de Mestrado. Maringá, Engenharia Urbana, UEM. 2009, 153p.

IAP. Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina, 1994. 49p.

IBGE. 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.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 2. ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

JABUR, J. C.; SANTOS, M. L. Revisão estratigráfica da formação Caiuá. **Boletim de Geografia**, Maringá, v.2, n.2, p.91-106, 1984.

JENSEN, J. **Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**: tradução: EPIPHANIO J. C. N. (coordenador).(et. al.). 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

KUERTEN, S. **Variação longitudinal das características sedimentares e hidrológicas do rio Ivaí-PR em seu curso inferior**. Dissertação de Mestrado. Maringá: DGE, 2006, 76p.

KUERTEN S.; SANTOS, M.L.; SILVA, A. Variação das características hidrosedimentares e geomorfologia do leito do Rio Ivaí – PR, em seu curso inferior. **Revista Geociências**, v 28, n. 2, p. 143 – 151, 2009.

LELI, I. T. **Variação espacial e temporal da carga suspensa do rio Ivaí**. (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Maringá-UEM, Maringá, 2010, 74p.

MAACK, H., **Geografia física do Paraná**. Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná. Ed. José Olimpo S.A., 450p, 2002.

MELO, U.; SUMMERHAYES, C. P.; TORNER, L. G. Metodologia para o estudo de material em suspensão na água do mar. **Boletim Técnico da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3-4, p.115-127, 1975.

MINEROPAR. **Atlas Geológico do estado do Paraná**. Minerais do Paraná, Curitiba. 2001. 125p. CD ROM.

MORAIS, E S.; SANTOS, M L ; COELHO, A. R. **Indicadores físico-químicos da qualidade da água no rio Ivaí-PR em seu curso inferior**. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005. São Paulo-USP, p. 4863 – 4869.

MORAIS, E.S. **Evolução da planície de inundação e confluência do rio Ivaí e rio Paraná na região do pontal do tigre, Icaraíma – PR: uma abordagem geomorfológica**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá- UEM. Maringá, 2010. 65p.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

RSI. **Environment for visualizing images - ENVI**. v.4.5. Boulder, CO, USA: ITT Industries. 2008.

SANTOS, L.J.C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N.E.; FIORI, A.P.; SILVEIRA, C.T.; SILVA, J.M.F.; ROSS, J.L.S. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7, n. 2, p. 3-12, 2006.

SANTOS, M. L.; STEVAUX, J. C.; GASPARETTO, N. V. L.; SOUZA FILHO, E. E. Geologia e Geomorfologia da planície aluvial do rio Ivaí em seu curso inferior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n.1, ano 9, p 23-34. 2008a.

SANTOS, L. M.; LENZI, E.; COELHO, A. R. Ocorrência de metais pesados no curso inferior do rio Ivaí, em decorrência do uso do solo em sua bacia hidrográfica. **Acta Scientiarum Technology**. Maringá, v.30, n1, p. 99-107, 2008b.

SANTOS, M.L.; KUERTEN, S.; GASPARETTO, N.V.L. Variação longitudinal da hidrodinâmica, morfologia do canal e carga sedimentar do baixo curso do rio Ivaí - Paraná, Brasil. In: V Congresso Nacional de Geomorfologia, Porto. **Volume de actas/ proceedings** do V Congresso Nacional de Geomorfologia. Porto: Associação Portuguesa de Geomorfologia, v. 1, p. 151-156, 2010.

SANTOS, M.L.; MORAIS, E.S.; SILVEIRA, H.; ALVES, F.C. Estudo do escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Ivaí, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia** (no prelo), 2012.

SCHNEIDER, R.M.; FREIRE, R.; COSSICH, E.S.; SOARES, P.F.; FREITAS, F.H.; TAVARES, C.R.G. Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 295-303, 2011.

SEAB. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do estado do Paraná. Disponível em <<http://www.agricultura.pr.gov.br/>>. Acesso em 04. dez. 2012.

STATSOFT, Inc. **STATISTICA (dataanalysis software system)**, version 8. 2009. (Software Estatístico).

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias**, Campina Grande: DEC/CCT/UFGP, 2001.

SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FÚLFARO, VJ.; SOBREIRO NETO, A.F. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências** (1980), 10(3): 177-185.

SOUZA JUNIOR, M.D. **Efeitos tectônicos na formação da paisagem da bacia hidrográfica do rio Ivaí, curso inferior**. Dissertação do Manoel. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, 2012. 125p.

SPÖRL, C; ROSS, J. L. S.; Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, N° 15, pp. 39-49, abr. 2004.

SULSOFT. **ENVI: curso avançado (Manual do Curso de Envi 4.6)**. Sulsoft, 2009.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Pubs. Clim. Drexel-Inst. Technol**, Centerton, v. 8, n. 1, p. 1-104, 1955.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. 97p.

VALERIANO, M.M.; ROSSETTI, D.F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography** (Sevenoaks) v. 32, p. 300-309, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do Tratamento Biológico**, Minas Gerais – MG (Brasil) v. 1, 2ª edição. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª edição, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996.