

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ – UEM
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO – DOUTORADO EM
GEOGRAFIA

REGIME E SISTEMAS DE CONTROLE DAS CHEIAS DO BAIXO IVAÍ E
CARTOGRAFIA DAS ÁREAS INUNDÁVEIS

NELSON DOUHI

Orientador: Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos

TESE DE DOUTORADO

MARINGÁ
2013

NELSON DOUHI

**REGIME E SISTEMAS DE CONTROLE DAS CHEIAS DO BAIXO IVAÍ E
CARTOGRAFIA DAS ÁREAS INUNDÁVEIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia “Doutorado” área de concentração: Análise Regional e Ambiental, do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Manoel L. dos Santos

MARINGÁ

2013

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO (CIP)
Ficha catalográfica elaborada por Jeanine da Silva Barros CRB-9/1362

D768r Douhi, Nelson
 Regime e sistemas de controle das cheias do baixo Ivaí e cartografia
das áreas inundáveis / Nelson Douhi.— Maringá, PR: UEM, 2013.
 131 f. : il.

 Orientador: Prof. Dr. Manoel L. Dos Santos
 Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá.
 Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Geografia.
 Bibliografia.

 1. Rio Ivaí. 2. Dinâmica fluvial. 3. Cartografia de áreas inundáveis. I.
Universidade Estadual de Maringá. II. Título.

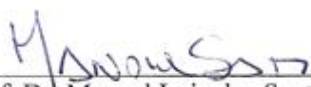
CDD 21.ed. 551.41

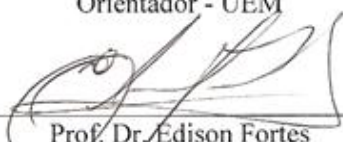
REGIME E SISTEMAS DE CONTROLE DAS CHEIAS DO BAIXO IVAÍ E
CARTOGRAFIA DAS ÁREAS INUNDÁVEIS

Tese de Doutorado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, para obtenção do grau de Doutor em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental, linha de pesquisa Análise Ambiental.

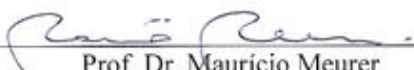
Aprovada em 16 de setembro 2013.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos
Orientador - UEM


Prof. Dr. Edison Fortes
Membro convidado - UEM


Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho
Membro convidado - UEM


Prof. Dr. Mauricio Meurer
Membro convidado - UFPEL


Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha
Membro convidado - UNESP/PP

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos, pela orientação, amizade e principalmente pela confiança depositada na realização deste trabalho.

Ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA) por disponibilizar seus laboratórios e equipamentos necessários para realização da pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá, em especial às secretárias Cida e Mirian, pelo carinho, presteza, colaboração e amizade, dedicação que transcende as obrigações funcionais.

À UNESP de Rio Claro, especialmente ao Programa de Pós Graduação do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, por permitir a minha matrícula como aluno especial em Disciplina de grande importância para o desenvolvimento da minha pesquisa e aos colegas que fiz com os quais trocamos experiências importantes.

À todos os professores, funcionários e demais colegas que integram o grupo (GEMA) pelas contribuições, sejam elas frutos das discussões ou sugestões, como também pelo auxílio prestado em todos os momentos em que tive dúvidas e ou encontrei dificuldades, especialmente em relação ao geoprocessamento.

Ao Instituto das Águas do Paraná, na pessoa de Edson Sakae Nagashima, pela presteza e disponibilização dos dados hidrológicos da Estação Fluviométrica de Novo Porto Taquara.

Ao amigo Andrey Harmatiuk Olinto, pelas contribuições nas discussões sobre a pesquisa, especialmente nos trabalhos cartográficos, para os quais foram despendidas muitas horas de dedicação e paciência.

Ao Sr. Vanderlei Gregorczyk, laboratorista do GEMA e colega de Doutorado, pelas contribuições nas discussões e pela presteza no empréstimo de equipamentos.

Ao Sr. Carlos Louza, pela disponibilização dos dados referentes às variações diárias de nível do rio Paraná, na Estação Fluviométrica de Porto Caiuá.

Ao Sr. Tadeu Campestrini Aleixo, pelo acompanhamento e coleta de dados na régua fluviométrica instalada no rio Ivaí.

À Cooperativa Mista Agrícola de Prudentópolis, por disponibilizar os dados pluviométricos da cidade de Prudentópolis.

À Direção, Coordenação e demais funcionários do Colégio Estadual Presidente Costa e Silva, pela compreensão e apoio em todos os momentos que precisei.

À todos meus professores, que ao longo dos meus estudos sempre apoiaram e incentivaram a busca do conhecimento e o desenvolvimento pessoal. À vocês meu reconhecimento e respeito.

Aos amigos Wagner de Souza, Lucimara Liberali, José Renato Augusto, Oséias Cardoso, Manoel David de Souza Junior, Ordilei Aparecido Gaspar de Melo, Marli Sechi, Audio Cassiano, Fernando Manosso, Pedro França Junior e a todos os demais que posso ter esquecido neste momento, que sempre agiram com presteza e apoio, contribuindo diretamente na realização deste trabalho e compartilhando desta conquista.

À minha esposa Luciane, pela compreensão, carinho e apoio em todas as etapas do desenvolvimento deste trabalho, assim como, em toda caminhada familiar, acadêmica e de trabalho e àquele que chegou no decorrer do desenvolvimento do Doutorado (Artur) que trouxe mais alegria e motivação para superação das dificuldades.

Aos meus pais, por minha educação e formação do caráter, pelas lutas e dificuldades enfrentadas para possibilitar meus estudos, minha eterna gratidão. Sintam-se vencedores e reconhecidos por tudo que fizeram.

À todos que sempre tiveram confiança em meu trabalho e acreditaram nos meus ideais, meu sincero agradecimento e o desejo de que tenhamos sucesso nas jornadas que virão.

Nas nuances de uma imensidão alagada, estão convergidas todas as contradições daquilo que se define “natureza”. Ocupada, modelada, degradada, preservada ou quem sabe apenas, colocada à prova da dúvida de quem realmente define o curso dos acontecimentos, do rio, da história. Abstrata realidade de um presente inacabado que não nos permite prever o futuro, apenas vislumbrar a instabilidade incontestável. (DOUHI, 2011).

RESUMO

O estudo apresentado neste trabalho corresponde ao levantamento das condições hidrogeomorfológicas do rio Ivaí, no trecho de sua planície aluvial, a identificação dos sistemas de controle de inundações e a representação espacial das inundações com base nos níveis fluviométricos mais expressivos. As informações que fundamentam o trabalho são resultantes do levantamento bibliográfico na literatura específica, em estudos de caso, realizados na bacia hidrográfica dos rios Ivaí e Paraná e levantamentos *in loco*, onde foram verificadas as intervenções antrópicas na planície aluvial, os limites das inundações, além da obtenção de informações sobre a dinâmica e as implicações das inundações para os ribeirinhos. Foram avaliadas as características climáticas da bacia e o comportamento hidrológico do rio, tendo como base séries históricas da pluviosidade na bacia e das variações do nível fluviométrico nas estações de Novo Porto Taquara (rio Ivaí) e Porto Caiuá (rio Paraná). Próximo à confluência do rio Ivaí com o rio Paraná, também foi instalada uma régua fluviométrica, tendo como objetivo avaliar a ocorrência de controle de fluxos de confluência e suas implicações nas ocorrências das inundações. Os controles naturais e artificiais que exercem influência nas inundações, também foram considerados. A representação espacial das inundações se baseou na interpretação de imagens de satélites e informações coletadas em campo, como marcas de cheias, sedimentos depositados e a confirmação de seus limites com GPS. As análises realizadas indicam que as inundações tem sua ocorrência associada aos eventos pluviais de maior intensidade e com influência dos sistemas de controle. Verificou-se que o tempo de permanência das inundações é curto e sem influência da sazonalidade, caracterizando um reflexo das respostas rápidas que a bacia apresenta em função de suas características morfológicas, pedológicas e geológicas. Quanto às ocorrências anuais, existe uma regularidade, embora ocorram anos sem inundações, dificultando assim, a construção dos ambientes de conectividade. As áreas inundadas com maior recorrência não somam grandes extensões e prejuízos, entretanto, aquelas associadas às magnitudes mais expressivas, embora representem áreas inundadas e prejuízos maiores, são pouco frequentes.

Palavras chave: Rio Ivaí. Dinâmica fluvial. Cartografia de áreas inundáveis.

ABSTRACT

The study presented in this essay corresponds to a survey of hydrogeomorphological conditions of the Ivai River, in a stretch of its alluvial plain, the identification of the systems that control the floods and the spatial representations of the floods regarding the rain levels that are more expressive. The information that served as basis of this essay are results of bibliographic research in specific literature, also in studies of cases, made in the watersheds of the rivers Ivai and Parana and in loco studies, where the anthropogenic interventions in the alluvial plain, the limits of the floods, besides obtaining the information about the dynamics and the flood implications to riparian people. The weather characteristics of the watershed were evaluated as well as the hydrological behavior of the river, regarding the historical basis of the rain level in the watershed and the variation of the rain level in the stations of Novo Porto Taquara (Ivai River) and Porto Caiuá (Parana river). Next to the junction of the Ivai river and Parana river, a fluviometric ruler was installed, objecting to evaluate the occurrence of the flows control in the confluence and their implications in the flood occurrences. The natural and artificial controls that have influence in the floods were also considered. The spatial representation of the floods was based in the interpretation of images of satellites and information collected in field, for example flood marks sediments that are deposited and the confirmations of their limits with the GPS. The analysis made indicates that the floods have their occurrence associated to the pluvial events of bigger intensity and the influence of control systems. It was verified that the stay time of the floods is short and have no influence from the seasonality, characterizing a reflex of the quick answers that the watershed present according to their morphological characteristics, soil and geological. Considering the annual occurrences, there is a regularity, though years without flooding occurring, making it more difficult to build the connectivity of their environment. The inundated areas with bigger recurrence don't add great extensions and loss, however, the ones associated to bigger magnitudes, although represent inundated areas and bigger losses, are less frequent.

Keywords: Ivai river. Fluvial dynamics. Cartography of inundated areas.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IVAÍ E DA ÁREA DE ESTUDOS.....	20
FIGURA 2: FORMAÇÕES GEOLÓGICAS DA BACIA DO RIO IVAÍ.....	22
FIGURA 3: CACHOEIRAS LOCALIZADAS NOS AFLUENTES FORMADORES DO RIO IVAÍ, NA REGIÃO DO SEGUNDO PLANALTO PARANAENSE.....	23
FIGURA 4: PRINCIPAIS TIPOS DE SOLOS PRESENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IVAÍ.....	26
FIGURA 5: TIPOS CLIMÁTICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IVAÍ E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS.....	28
FIGURA 6: VEGETAÇÃO PRIMITIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IVAÍ.....	30
FIGURA 7: SUBDIVISÃO DA BACIA DO RIO IVAÍ EM ECORREGIÕES E SUB-ECORREGIÕES.....	33
FIGURA 8: CONFLUÊNCIA DOS RIOS DOS PATOS – ESQUERDA E SÃO JOÃO – DIREITA, LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE PRUDENTÓPOLIS, ONDE TEM ORIGEM O RIO IVAÍ, (25°01'12"S 050°58'28"W-510M).....	35
FIGURA 9: REDE HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO IVAÍ.....	36
FIGURA 10: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA PLANÍCIE ALUVIAL DO RIO IVAÍ COMPARTIMENTADA EM UNIDADES MORFOESTRATIGRÁFICAS E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	40
FIGURA 11: ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA PARA DEFINIÇÃO DE COTAS DE INUNDAÇÃO E VERIFICAÇÃO DE CONTROLES DE BARRAMENTO.....	49
FIGURA 12: IDENTIFICAÇÃO DE MARCAS DOS NÍVEIS DE INUNDAÇÃO EM ALGUMAS ÁREAS DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO, SERVINDO DE SUBSÍDIO PARA DEFINIÇÃO DOS LIMITES ATINGIDOS.....	53
FIGURA 13: MÉDIA SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO PARA ALGUNS POSTOS DA BACIA DO IVAÍ – PR – PERÍODO 1976 A 2001.....	62
FIGURA 14: RELAÇÃO ENTRE COMPORTAMENTO CLIMÁTICO PADRÃO E ANOMALIAS CLIMÁTICAS POSITIVAS E NEGATIVAS NA BACIA DO RIO IVAÍ NO PERÍODO DE 1974 A 2001.....	63
FIGURA 15: MEDIANA ANUAL E AMPLITUDES MENSAS DAS PRECIPITAÇÕES NA BACIA DO RIO IVAÍ NO PERÍODO DE 1974 A 2001.....	64
FIGURA 16: RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO MÉDIA EM MILÍMETROS E NÚMERO DE DIAS/MÊS COM PRECIPITAÇÕES NA CIDADE DE PRUDENTÓPOLIS – PR. PERÍODO: 1988 A 2012.....	65
FIGURA 17: RAIZ DE DRENAGEM MOSTRANDO A CONTRIBUIÇÃO DOS PRINCIPAIS AFLUENTES DO RIO IVAÍ, A PARTIR DA VAZÃO MÉDIA ACUMULADA.....	68
FIGURA 18: CURVA DE DURAÇÃO DE FLUXO NA SEÇÃO DE NOVO PORTO TAQUARA E VAZÕES MÉDIA E MÉDIA DAS CHEIAS NO PERÍODO DE 1974 A 2002.....	70
FIGURA 19: PERFIL TRANSVERSAL E DEFINIÇÃO DE COTAS DE TRANSBORDAMENTO NA ESTAÇÃO DE NOVO PORTO TAQUARA.....	71
FIGURA 20: TEMPO DE RECORRÊNCIA CALCULADO COM BASE NAS COTAS FLUVIOMÉTRICAS MÁXIMAS REGISTRADAS NA ESTAÇÃO DE NOVO PORTO TAQUARA NO PERÍODO DE 1974 A 2013.....	72
FIGURA 21: VARIAÇÃO DOS NÍVEIS MÁXIMOS ANUAIS DO RIO IVAÍ NA ESTAÇÃO DE NOVO PORTO TAQUARA NO PERÍODO DE 1974 A 2013.....	74
FIGURA 22: CHEIAS ANUAIS DO RIO IVAÍ NO PERÍODO DE 1974 A 2013, COM IDENTIFICAÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA ACUMULADA DAS COTAS DE INUNDAÇÃO E AS OCORRÊNCIAS DO FENÔMENO <i>EL NIÑO</i>	75
FIGURA 23: DISTRIBUIÇÃO MENSAL DAS CHEIAS SUPERIORES À COTA DE INUNDAÇÃO DO RIO IVAÍ, NO SEU CURSO INFERIOR, ASSOCIADAS ÀS OCORRÊNCIAS DE CHUVAS INTENSAS, NO PERÍODO	76

DE 1974 A 2013.....	
FIGURA 24: INTERVALOS DE DURAÇÃO DAS CHEIAS SUPERIORES À COTA DE INUNDAÇÃO DO RIO IVAÍ, NO SEU CURSO INFERIOR, NO PERÍODO DE 1974 A 2013.....	77
FIGURA 25: REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA DINÂMICA HIDROLÓGICA QUADRI - DIMENSIONAL DE UM RIO, DEMONSTRANDO AS DIVERSAS VARIÁVEIS QUE INTEGRAM O SISTEMA.....	78
FIGURA 26: DIQUE MARGINAL DA MARGEM ESQUERDA DO RIO IVAÍ, LOCALIZADO NAS COORDENADAS 053°31'25"W 23°11'25"S.....	85
FIGURA 27: ÁREA DE VÁRZEA PARCIALMENTE ALAGADA, VEGETADA PREDOMINANTEMENTE COM GRAMÍNEAS.....	86
FIGURA 28: CONDIÇÕES DE PRESERVAÇÃO DA VEGETAÇÃO RIPÁRIA DO RIO IVAÍ.....	88
FIGURA 29: MODELO DE EVOLUÇÃO DA CONFLUÊNCIA IVAÍ-PARANÁ, PROVAVELMENTE A PARTIR DO FINAL DO PLEISTOCENO.....	89
FIGURA 30: MAPA BATIMÉTRICO DA CONFLUÊNCIA DO RIO IVAÍ COM O RIO PARANÁ, COM DEFINIÇÃO DA ANGULARIDADE DOS CANAIS E A VARIAÇÃO MORFOLÓGICA DOS CANAIS.....	91
FIGURA 31: REPRESENTAÇÃO DAS VELOCIDADES DO FLUXO DO RIO IVAÍ E CANAL SECUNDÁRIO DO RIO PARANÁ, EM CONDIÇÃO DE FLUXO NEGATIVO NO CANAL DO RIO PARANÁ.....	93
FIGURA 32: VARIAÇÕES DOS NÍVEIS FLUVIOMÉTRICOS DOS RIOS PARANÁ E IVAÍ NO PERÍODO DE MAIO DE 2011 A JUNHO DE 2013, COM REGISTRO DAS OCORRÊNCIAS DE CONTROLE DO FLUXO DO RIO IVAÍ POR BARRAMENTO.....	94
FIGURA 33: SISTEMAS ARTIFICIAIS DE CONTROLE DE INUNDAÇÕES NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO RIO IVAÍ.....	96
FIGURA 34: CARTA DE USO DO SOLO DA PLANÍCIE ALUVIAL DO RIO IVAÍ – 2010.....	100
FIGURA 35: MOSAICO COM OS PRINCIPAIS TIPOS DE ATIVIDADES PRODUTIVAS NA PLANÍCIE ALUVIAL DO RIO IVAÍ.....	102
FIGURA 36: SISTEMA DE CAPTAÇÃO E EMISSÃO DA ÁGUA UTILIZADA NAS ÁREAS DE CULTIVO DE ARROZ IRRIGADO.....	103
FIGURA 37: LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E DE RELEVANTE IMPORTÂNCIA AMBIENTAL DENTRO DA BACIA DO RIO IVAÍ.....	105
FIGURA 38: INUNDAÇÃO PROVOCADA POR BARRAMENTO DE EMISSÁRIO DE ÁREA IRRIGADA PARA RIZICULTURA.....	111
FIGURA 39: INUNDAÇÃO POR REPRESAMENTO E EXTRAVASAMENTO DE TRIBUTÁRIO DO RIO IVAÍ.....	112
FIGURA 40: INUNDAÇÃO COMBINADA, COM OS RIOS IVAÍ E PARANÁ APRESENTANDO NÍVEIS DE CHEIA.....	112
FIGURA 41: INUNDAÇÃO NA ZONA DE CONFLUÊNCIA DO RIO IVAÍ COM O RIO PARANÁ, OCASIONADA PELO BARRAMENTO DAS ÁGUAS DO IVAÍ PELO RIO PARANÁ.....	113
FIGURA 42: CARTA DE INUNDAÇÃO DA PLANÍCIE ALUVIAL DO RIO IVAÍ.....	116
FIGURA 43: ÁREA INUNDADA POR ACUMULAÇÃO DE ÁGUA DECORRENTE DE PRECIPITAÇÕES LOCAIS INTENSAS E POR CONTRIBUIÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO.....	118
FIGURA 44: CLASSIFICAÇÃO DAS CHEIAS EM PORCENTAGEM, PARA INTERVALOS DE ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO RIO IVAÍ NO PERÍODO DE 1974 A 2013.....	119

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: SISTEMATIZAÇÃO DAS UNIDADES DO RELEVO DA BACIA DO RIO IVAÍ COM BASE NA CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA DO RELEVO DO PARANÁ ELABORADA POR SANTOS <i>ET AL.</i> (2006).....	24
TABELA 2: IMAGENS LANDSAT UTILIZADAS PARA DEFINIÇÃO DOS LIMITES ESPACIAIS DAS INUNDAÇÕES.....	52
TABELA 3: CLASSIFICAÇÃO (CL), INTENSIDADE (I), DURAÇÃO EM MESES (D), PERÍODO DE OCORRÊNCIA DO FENÔMENO ENOS (MÊS-MÊS), ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS [MÉDIA (M) DESVIO PADRÃO (DP) E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV EM %) E VALORES MÍNIMOS (MIN.) E MÁXIMOS (MÁX.) ABSOLUTOS DA TEMPERATURA DE RELVA (°C)], EM SANTA MARIA (RS), NO PERÍODO DE 1970-2009 EM CADA EVENTO E ANO DO FENÔMENO ENOS, SEGUNDO STRECK, N. A. <i>ET AL.</i> (2011).....	56
TABELA 4: VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA PLUVIOSIDADE ANUAL PARA BACIA DO RIO IVAÍ – PR.....	60
TABELA 5: ANÁLISE COMPARATIVA DO TEMPO DE PERMANÊNCIA DAS VAZÕES ABAIXO E ACIMA DA MÉDIA NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DO RIO IVAÍ.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A. P. - antes do presente

Cu - cobre

ESE - leste sudeste

Fe - ferro

km - quilômetro

km² - quilômetro quadrado

m - metro

mm - milímetros

m/s - metros por segundo

m³ - metro cúbico

MEc - massa equatorial continental

MPa - massa polar marítima

MPp - massa polar pacífica

MTc - massa tropical continental

MTm - massa tropical marítima

NW - noroeste

Pb - chumbo

SE - sudeste

Zn - zinco

¹⁴C - carbono quatorze

ANA - Agência Nacional de Águas

APA - Área de Proteção Ambiental

APP - Área de Preservação Permanente

BRAPA - Companhia Brasil Paraná

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CBERS - Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres

CMNP - Companhia Melhoramentos Norte do Paraná

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

COPEL - Companhia Paranaense de Energia Elétrica

CORIPA - Consórcio Intermunicipal para Conservação do Remanescente do Rio Paraná e Áreas de Influência

CTESOP - Centro Técnico-Educacional Superior do Oeste Paranaense

DGE - Departamento de Geografia

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ENOS - El Niño Oscilação Sul

ESEC - Estação Ecológica

GEMA - Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente

GPS - Global Positioning System

IAP - Instituto Ambiental do Paraná

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IQA - Índice de Qualidade da Água

ITCG - Instituto de Terras Cartografia e Geociências

LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite

MEC - Ministério da Educação

MDE - Modelo Digital de Elevação

MINEROPAR - Minerais do Paraná

NUPÉLIA - Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura

PCH - Pequena Central Hidroelétrica

PGE - Programa de Pós-graduação em Geografia

RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Nacional

SEMA - Secretaria Estadual de Meio Ambiente

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SISLEG - Sistema de Manutenção, Recuperação e Proteção da Reserva Florestal Legal e Áreas de Preservação Permanente

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

UC - Unidade de Conservação

UEM - Universidade Estadual de Maringá

UNESP - Universidade Estadual Paulista

USGS - United States Geological Survey

ZACAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	4
EPÍGRAFE	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	12
SUMÁRIO	14
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO, CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IVAÍ E DA ÁREA DE ESTUDO	16
I. 1 INTRODUÇÃO	16
I. 2 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IVAÍ	18
I. 1. 1 Aspectos Políticos e Socioeconômicos.....	20
I. 1. 2 Características Litológicas e Geomorfológicas.....	21
I. 1. 3 Principais Tipos de Solos.....	26
I. 1. 4 Características Climáticas.....	27
I. 1. 5 Vegetação Primitiva e Ecorregiões	30
I. 1. 6 Rede Hidrográfica.....	35
I. 1. 7 Aspectos Ambientais.....	37
I.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	39
I. 2. 1 Uso e Ocupação na Planície de Inundação do Rio Ivaí	44
CAPÍTULO II – PROCEDIMENTOS E MÉTODOS	46
II. 1 PRINCIPAIS BASES PARA PRODUÇÃO CARTOGRÁFICA.....	46
II. 2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA E ANÁLISE CLIMÁTICA.....	47
II. 3 REGIME HIDROLÓGICO	48
II. 4 LEVANTAMENTO DOS SISTEMAS DE CONTROLE DE ENCHENTES E DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS.....	50
II. 5 CARTOGRAFIA DAS ÁREAS INUNDÁVEIS	51
CAPÍTULO III – ANÁLISE CLIMÁTICA DA BACIA DO RIO IVAÍ.....	54

III. 1 DINÂMICA ATMOSFÉRICA E VARIABILIDADE INTERANUAL	54
III.2 - COMPORTAMENTO PLUVIOMÉTRICO NA BACIA	59
CAPÍTULO IV – REGIME HIDROLÓGICO DO RIO IVAÍ	67
IV. 1 - PRODUÇÃO E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....	79
CAPÍTULO V – SISTEMAS DE CONTROLE DAS INUNDAÇÕES DO RIO IVAÍ E	
ASPECTOS AMBIENTAIS	83
V. I – SISTEMAS DE CONTROLE DAS INUNDAÇÕES: NATURAIS E ARTIFICIAIS.....	83
<i>V. I. 1 – Sistemas Naturais de Controle das Inundações</i>	<i>84</i>
V. I. 1. 1 – Diques Marginais	84
V. I. 1. 2 – Várzeas e Lagoas.....	86
V. I. 1. 3 – Vegetação Ripária	86
V. I. 1. 4 – Controles de Confluência	88
<i>V. I. 2 Sistemas Artificiais de Controle das Inundações</i>	<i>96</i>
V. II - USO ATUAL DO SOLO E CONDIÇÕES AMBIENTAIS.....	98
CAPÍTULO VI - CARTOGRAFIA DAS ÁREAS INUNDÁVEIS DA PLANÍCIE	
ALUVIAL DO RIO IVAÍ	108
VI. 1 – FATORES DE ANÁLISE E CATEGORIA DAS INUNDAÇÕES	108
VI. 2 – REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DAS ÁREAS INUNDADAS	114
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	120
REFERÊNCIAS	123

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO, CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IVAÍ E DA ÁREA DE ESTUDO

I. 1 INTRODUÇÃO

O entendimento da dinâmica fluvial e suas inter-relações, tanto do ponto de vista dos elementos que definem o seu comportamento, quanto das consequências associadas a determinado regime fluvial, tem sido construído sistematicamente em muitos rios do mundo, principalmente nos temperados e em parte dos rios tropicais. Em relação ao rio Ivaí, os estudos vêm sendo realizados de forma mais consistente há cerca de uma década, carecendo ainda de aprofundamentos em várias áreas, além da própria continuidade nos acompanhamentos das variáveis climáticas, hidrológicas e sedimentológicas dentre outras.

O desenvolvimento desta pesquisa abrange a planície aluvial do rio Ivaí e mais especificamente a dinâmica hidrológica e os limites das inundações. Para o entendimento da dinâmica fluvial a abordagem se baseia no conceito de bacia hidrográfica, considerando que a dinâmica hidrológica é apenas o reflexo de uma complexidade de variáveis interdependentes que compõe uma bacia hidrográfica. Daí o seu reconhecimento como “unidade geográfica” de estudo e planejamento.

De acordo com Guerra & Cunha (1996), do ponto de vista geomorfológico, a bacia hidrográfica corresponde a um conjunto de terras limitadas pelos divisores de água, onde a água e o material sólido e dissolvido são drenados pelos rios para uma saída comum.

O conceito de bacia hidrográfica aplicado nesta pesquisa possui uma visão mais abrangente, pois avalia a bacia hidrográfica em sua complexidade, contemplando elementos do meio físico e da sociedade. Além disso é considerada a sua funcionalidade, que se comporta como um sistema aberto com entrada e saída de energia e matéria. Desse modo ela proporciona uma visão sistêmica coerente tanto das partes como do todo.

A bacia hidrográfica representa um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximos à superfície terrestre, delimitado interno e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento, e de saídas de água e do material por ela transportado, que mantêm relações com esses canais (RODRIGUES & ADAMI, 2005, p. 147).

A busca por uma abordagem sistêmica se fundamenta nos pressupostos da Teoria Geral dos Sistemas, difundida por Bertalanffy desde 1947, a qual se baseia na integração das áreas do conhecimento, destacando que o resultado da soma das partes é sempre maior que o todo. Assim deve estudar sistemas globalmente, de forma a envolver todas as suas interdependências, pois cada um dos elementos, ao serem reunidos para constituir uma unidade funcional maior, desenvolvem características que não se encontram em seus componentes isolados, conforme Bertalanffy (1968).

O objetivo principal desta pesquisa é entender a dinâmica e os mecanismos de controle das inundações do rio Ivaí em seu baixo curso e estabelecer os limites das áreas inundáveis, sendo necessárias para tanto, um conjunto de ações que buscam investigar e integrar as informações da bacia servindo de subsídio aos resultados, dentre elas:

- Analisar o regime hidrológico do rio Ivaí com base no comportamento pluviométrico, avaliando as influências do fenômeno ENOS;
- Construir uma hidrógrafa para o período de 1974 a 2013, associando-a às cotas de inundação;
- Identificar os mecanismos de controle das inundações;
- Estabelecer o grau de influência do sistema de barramento na zona de confluência entre os rios Paraná e Ivaí;
- Levantar as condições de uso atual e os possíveis impactos na planície e no canal fluvial;
- Identificar e cartografar os limites das inundações com base em imagens de satélite relacionando-os às cotas fluviométricas em Novo Porto Taquara.

Destacam-se as hipóteses de um controle de fluxos na zona de confluência do rio Ivaí com o rio Paraná e de diferentes sistemas de controle das inundações os quais definem as categorias e os limites das inundações na planície aluvial do rio Ivaí.

A ideia de planície de inundação e de planície aluvial é relativamente complexa, pois permite diferentes interpretações dependendo dos interesses e das áreas do conhecimento. É preciso considerar, portanto, que a definição não limita a abordagem e nem extingue as possibilidades de ampliação das discussões num contexto mais amplo.

Para Nanson & Croke (1992), em sua classificação genética, a planície de inundação representa uma forma aluvial adjacente ao canal, separada de seu canal por bancos constituídos por sedimentos transportados pelo atual regime fluvial. Para esses autores, tendo em vista a perspectiva geomórfica, as planícies de inundação são melhor categorizadas geneticamente, em função da sua inter-relação entre os processos referentes ao rio e à planície

que eles constroem, sendo essa uma condição característica da planície de inundação do rio Ivaí.

Considera-se para este estudo a definição de planície aluvial do rio Ivaí concebida a partir de Santos *et al.* (2008b) como uma área constituída de depósitos sedimentares com mais de 20m de espessura, predominantemente formados por pelitos, subordinadamente de areia fina e com delgadas e descontínuas camadas de cascalho e areia grossa depositadas sobre a Formação Caiuá.

A definição de planície de inundação do rio Ivaí considera o conceito de Neiff *et al.* (1994) para os quais, esta representa uma faixa estreita por onde corre o rio, constituída por seus depósitos do canal e da inundação, permanente ou temporariamente inundada pelo aporte fluvial. Já as inundações são consideradas quando ocorre extravasamento das águas do canal para a planície, segundo Villela & Mattos (1975).

O estudo das características da dinâmica hidrológica, do comportamento e dos limites das inundações do rio Ivaí, se justifica por representar uma contribuição científica importante dentro da geomorfologia fluvial, contemplando também as condições ambientais e as inter-relações com a sociedade. Conhecer os aspectos geomorfológicos e hidrológicos da planície é fundamental para que seja possível estabelecer a periodicidade e o grau de conectividade do sistema, além de permitir parâmetros de análise quanto a própria evolução e conservação da planície de inundação.

É necessário considerar que a planície de inundação do rio Ivaí, embora represente uma área de proteção permanente, vem apresentando ao longo das últimas décadas inúmeras formas de apropriação humana. Sendo, portanto, importante e necessária a geração de informações que permitam um melhor planejamento e gerenciamento da planície de inundação, visando a redução dos impactos ambientais e dos riscos associados às inundações, além de um maior entendimento da dinâmica e das características dos ambientes de inundação.

I. 2 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IVAÍ

Especificamente, este trabalho tem seu foco na planície aluvial do rio Ivaí, numa perspectiva de identificação da dinâmica hidrológica e da definição dos limites inundáveis. No entanto, para o entendimento e definição dessas variáveis, são necessárias análises, numa visão de conjunto que permitam o entendimento do sistema como um todo, considerando que

a dinâmica da planície é apenas o reflexo do conjunto de variáveis integradas que constituem a bacia hidrográfica do rio Ivaí.

Estudos ligados à cartografia de áreas inundáveis e da definição de regimes hidrológicos, inclusive a identificação de pulsos de inundação foram desenvolvidos por Comunello (2001), Rocha (2002), Meurer (2004) e Corradini (2006) no rio Paraná, em trecho à montante da zona de confluência do rio Ivaí. Estes estudos servem de referência para as análises e representações propostas neste trabalho.

Especificamente sobre o regime hidrológico do rio Ivaí, este trabalho se baseia nos estudos de Destefani (2005) que descreve o regime hidrológico do rio Ivaí de forma minuciosa, além de outros autores que tratam do tema de forma indireta.

A bacia do rio Ivaí é descrita por Destefani (2005), como de respostas rápidas, com pouca capacidade de armazenamento e cheias de curta duração, associadas principalmente às chuvas de maior intensidade. Essa condição se deve principalmente a sua forma alongada, com vertentes íngremes e curtas e solos pouco desenvolvidos nas porções média e montante da bacia, além de outros fatores de menor relevância como os tipos de uso do solo e a urbanização.

A denominação de Ivaí pode ser vinculada à cultura indígena dos **Guaranis**, onde “y” significa rio, água e “vai” significa feio, assim, **Yvai** = Ivaí significa *rio feio* ou *rio de águas feias*. Esta denominação pode ter sido adotada pelos indígenas porque o rio Ivaí tem a coloração de suas águas com tons de marrom – avermelhado. Isso se deve a concentração de carga detritica: iônica, mineral e de matéria orgânica, transportadas em suspensão pelas águas do rio. Mas o significado de Ivaí como *rio feio* esbarra na própria língua guarani, em que a palavra **Yva** significa fruta, assim poderia ser *rio das frutas* ao invés de *rio feio* como origem do nome. Tal análise também tem ecos no **tupi**. Em **tupi clássico**, temos 'Ybá' para fruta, o que reforça a ideia de *rio das frutas*, segundo Tetamauara (2011).

A bacia hidrográfica do rio Ivaí está situada entre as coordenadas geográficas 22°56'17"- 25°35'27" de latitude sul e 050°44'17" -0 53°41'43" de longitude oeste, ocupando a porção centro ocidental do Paraná, com orientação SE-NW.

Possui uma área de 36.587 km², abrangendo as porções centro e noroeste do Estado, sendo a segunda maior do Paraná e ocupando cerca 18,5% do seu território, (Figura 1).

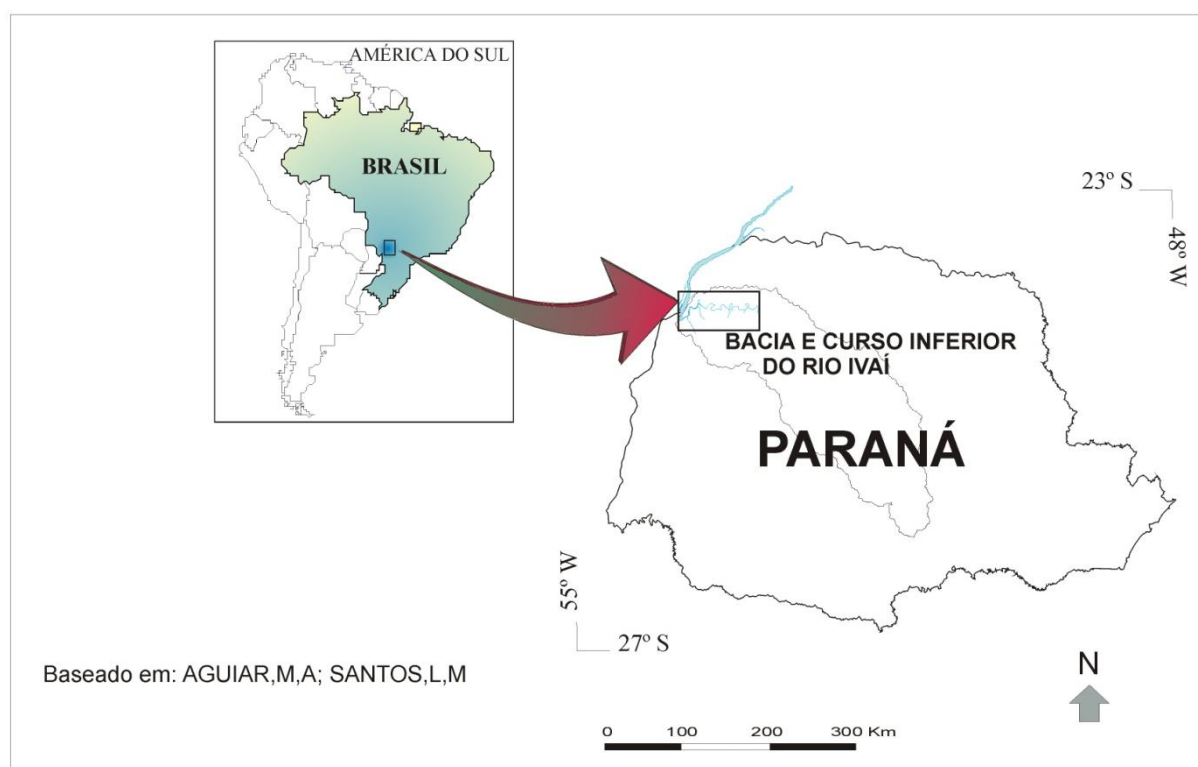


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Ivaí e da área de estudo.
 Fonte: Org. por Douhi, N. (2010).

I. 1. 1 Aspectos Políticos e Socioeconômicos

A bacia hidrográfica do rio Ivaí abrange 107 municípios paranaenses, ITCG (2009) e apresenta uma ocupação bastante diversificada, variando entre a agropecuária de subsistência e partes mais modernizadas dedicadas a culturas diversificadas. Nas porções média e superior da bacia predominam a pecuária e a agricultura de subsistência com algumas áreas de agricultura comercial. Também ocorrem as culturas de fumo e a silvicultura, além de grandes reservas florestais, faxinais, etc. Na porção inferior da bacia predominam a agropecuária mais modernizada com emprego de técnicas e equipamentos mais sofisticados. Neste caso, predomina a produção comercial principalmente das culturas de soja, milho, cana-de-açúcar e arroz.

Na planície de inundação, no curso inferior do rio Ivaí, a pecuária ainda ocupa extensas áreas, mas atualmente tem perdido espaço para o avanço do cultivo de cana e uma forte expansão dos arrozais, favorecidos pelo relevo plano, solos férteis e disponibilidade de água para irrigação.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000), 21% da população do Estado do Paraná encontra-se na bacia do Ivaí, que possui aproximadamente 1.990.000 habitantes, 78% dos quais estão concentrados na área urbana e 22% na zona rural.

Entre os municípios que se inserem na bacia do Ivaí, destacam-se de Maringá, Guarapuava, Apucarana, Umuarama, Campo Mourão, Sarandi, Paranavaí e Cianorte, os quais apresentam maior número de habitantes e melhor desenvolvimento industrial e comercial, desempenhando o papel de polos regionais, principalmente nos casos de Maringá, Guarapuava e Campo Mourão. Ainda sobre os municípios, Prudentópolis merece destaque por ter a maior área dentro da bacia, cerca de 6,5%, sendo, portanto, um município representativo em relação às intervenções e reflexos na dinâmica socioeconômica e natural da bacia.

Concentram-se também na bacia alguns dos municípios paranaenses com os piores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) como Ortigueira, Mato Rico, Reserva, Santa Maria do Oeste, Rosário do Ivaí, Cândido de Abreu, entre outros, refletindo as desigualdades regionais internas do Estado. Essa condição denota a falta de investimentos em infraestrutura, geração de empregos, renda e as próprias limitações naturais de algumas áreas que apresentam solos pouco desenvolvidos e de baixa fertilidade, além do relevo com declividades mais acentuadas.

As diferentes formas de ocupação, produção e desenvolvimento que se verificam na bacia do rio Ivaí são resultantes da combinação de influências de diversos fatores naturais como as características geomorfológicas. Os tipos de solos, de clima, assim como dos aspectos históricos, políticos e culturais dos povos que ocuparam e ocupam as diferentes porções da bacia.

I. 1. 2 Características Litológicas e Geomorfológicas

O substrato da bacia hidrográfica do rio Ivaí é constituído, desde a sua nascente até próximo ao seu curso médio, por uma geologia bastante complexa e de acordo com a MINEROPAR (2001) apresenta vários tipos de rochas sedimentares das formações paleozoicas e mesozoicas da Bacia do Paraná. No curso médio do rio, dominam as eruptivas básicas Cretáceas da Formação Serra Geral e, no curso inferior, o canal fluvial escava os arenitos da Formação Caiuá e depósitos sedimentares recentes que constituem a planície aluvial, conforme mostra a figura 2.

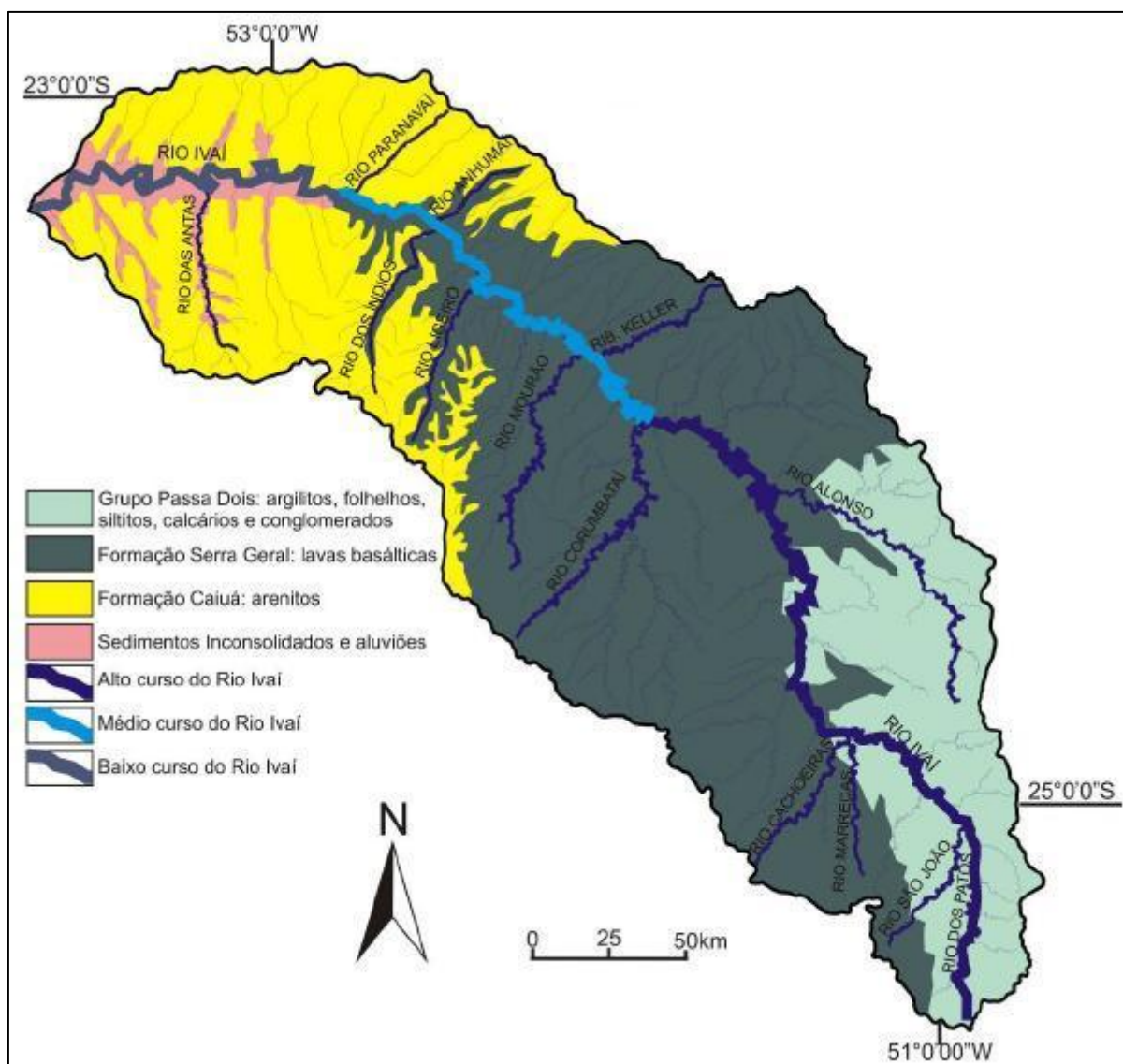


Figura 2: Formações geológicas da bacia do rio Ivaí.
Fonte: Leli, I. (2010).

A bacia do rio Ivaí se desenvolve de um modo geral acompanhando o mergulho monoclinal das camadas paleozoicas e mesozoicas da Bacia Sedimentar do Paraná. A área da bacia é cortada por uma série de lineamentos estruturais de origem e tamanhos variados, dominadas por falhas, fraturas e lineações com direção preferencial NW-SE, paralela ao Arco de Ponta Grossa, conforme Soares *et al.* (1982).

A geomorfologia da bacia pode ser dividida por setores com predominância das formas mais aguçadas e altas declividades na porção superior da bacia, principalmente nos divisores, área que está inserida no Segundo Planalto. Os setores médio e baixo da bacia do rio Ivaí estão inseridos no Terceiro Planalto do Paraná, onde o relevo torna-se mais suave a as declividades mais baixas.

Maack (1981) descreve o Segundo Planalto como uma região que apresenta “escarpas de estratos”, denominada de *cuesta*, onde o relevo apresenta-se suavemente ondulado, com colinas, outeiros e boqueirões, mas também paisagens de outeiros e vales junto a serra da Boa Esperança, com forte presença de cachoeiras em muitos afluentes do rio Ivaí, inclusive nos rios formadores: São João e dos Patos (Figura 3 A e B).



Figura 3: Cachoeiras localizadas nos afluentes formadores do rio Ivaí, na região do Segundo Planalto paranaense.

A: Visão panorâmica do relevo e do Salto São João (84m) no rio de mesmo nome, na região do Segundo Planalto-Município de Prudentópolis.

Fonte: <http://www.ss.esp.br/cgi-bin/imprensa/n15689.asp>

B: Visão panorâmica do relevo e do salto Barão do rio Branco no rio dos Patos (64m), localizado na região do Segundo Planalto-Município de Prudentópolis. Destaque para pequena barragem construída para desviar a água para PCH Salto Rio Branco, pertencente à Empresa Santa Clara.

Fonte: França, L. A. M. (2009).

O Terceiro Planalto apresenta um relevo suavemente ondulado, com topos alongados, vertentes convexas, com presença de saltos e cachoeiras no trecho médio da bacia. Já em área de domínio dos arenitos da formação Caiuá, o relevo configura-se mais uniforme e horizontalizado de colinas convexas, caracterizado por extensas chapadas e platôs suavemente ondulados.

Recentemente Santos *et al.* (2006) realizaram um mapeamento do relevo paranaense de forma mais detalhada, baseando-se na metodologia adaptada por Ross (1992), que leva em consideração as unidades taxonômicas, sendo considerados para o mapeamento do território paranaense os três primeiros táxons. Com base nesse mapeamento geomorfológico foram

identificadas no Paraná três unidades morfoestruturais (1º taxon), cinco unidades morfoesculturais (2º taxon) e cinquenta subunidades morfoesculturais (3º taxon).

Fugita (2009) sistematizou as unidades geomorfológicas que compreendem a bacia do rio Ivaí (Tabela 1) com base na classificação elaborada por Santos *et al.* (2006). Nessa classificação a bacia do rio Ivaí apresenta duas unidades morfoestruturais (1º táxon), três unidades morfoesculturais (2º táxon) e vinte subunidades morfoesculturais (3º táxon).

Tabela 1: Sistematização das unidades do relevo da bacia do rio Ivaí com base na classificação taxonômica do relevo do Paraná elaborada por Santos *et al.* (2006).

Unidade Morfoestrutural	Unidade Morfoescultural	Sub-unidade Morfoescultural
Bacia Sedimentar do Paraná	Segundo Planalto Paranaense	Planalto de Ponta Grossa Planalto do Guatá Planalto de Irati Planaltos Residuais da Formação Teresina Planalto de Prudentópolis Planaltos Residuais da Formação Serra Geral Planalto do Alto Ivaí Planalto Cândido de Abreu Planalto de Ortigueira Planalto de Santo Antônio da Platina
	Terceiro Planalto Paranaense	Planalto Pitanga/Ivaiporã Planalto de Palmas/Guarapuava Planalto do Alto/Médio Piquiri Planalto de Apucarana Planalto de Londrina Planalto de Maringá Planalto de Campo Mourão Planalto de Paranavaí Planalto de Umuarama
Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas	Planícies	Planícies Fluviais

Fonte: Fugita, R. H. (2009).

I. 1. 3 Principais Tipos de Solos

Os solos da bacia do rio Ivaí são bastante diversificados tanto em distribuição espacial, quanto em desenvolvimento, como mostra a figura 4, tendo como forte determinantes as diferentes litologias e o relevo que ocorrem em cada setor da bacia.

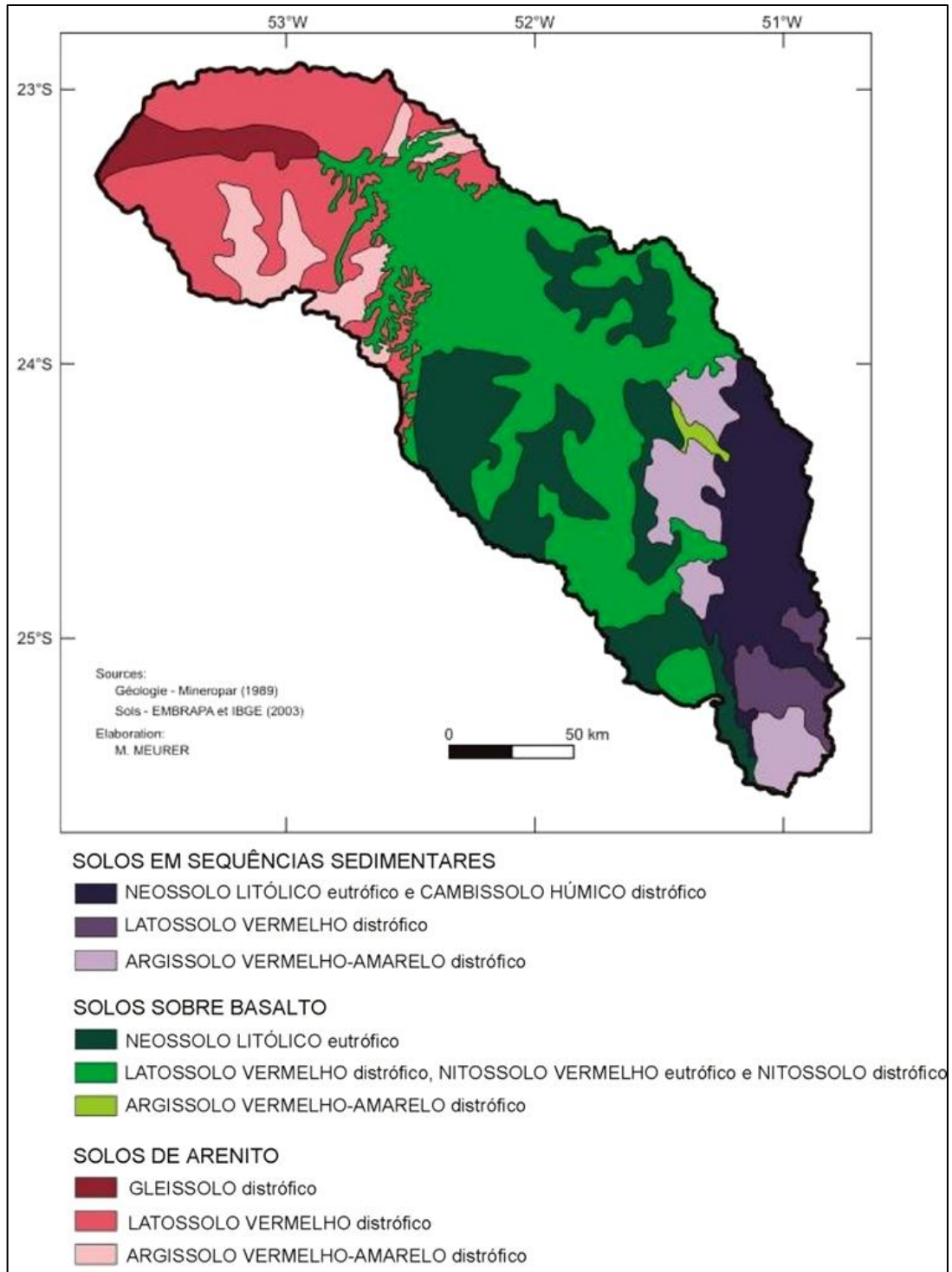


Figura 4: Principais tipos de solos presentes na bacia hidrográfica do rio Ivaí.
Fonte: Meurer, M. 2008.

No setor superior da bacia predominam os solos do tipo Neossolos Litólicos e Cambissolos com espessuras entre 30 a 130cm, refletindo ainda muitas características do material de origem, EMBRAPA (1981). Ocorrem ainda nessa área, em menor proporção, mas de forma significativa os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, os Latossolos Vermelhos Eutróficos e Distróficos, geralmente sobre o topo dos interflúvios menos dissecados e, ainda, associados à ocorrência de diques e *sills* de diabásio aparecem os Latossolos Vermelhos Eutroféricos e Distroféricos, EMBRAPA (2006).

No setor médio da bacia há uma maior heterogeneidade nos solos com predominância do Nitossolo Vermelho Eutroférico, que domina as vertentes e os topos mais estreitos e dissecados, o Neossolo Litólico, normalmente associado aos locais mais dissecados e de maiores declividades. O Latossolo Vermelho Distrófico, que constitui solo profundo e bem evoluído, homogêneo em termos de cor e textura ao longo do perfil, e horizonte B latossólico, espesso, com estrutura característica microagregada, os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos e Eutróficos, que recobrem segmentos de vertentes nas áreas onde o substrato geológico é constituído por arenitos da Formação Caiuá e o Latossolo Vermelho Distrófico, que como no caso anterior, está associado à ocorrência dos arenitos, ocupando os topos de alguns interflúvios, EMBRAPA (2006).

Na porção inferior da bacia do Ivaí, na área de ocorrência dos arenitos da Formação Caiuá, ocorrem os Latossolos Vermelhos Distróficos e Eutróficos e os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos e menos frequentemente Eutróficos. Segundo Leli (2010) ainda nesse setor, ao longo do eixo da drenagem principal, ocorre uma faixa de sedimentos quaternários inconsolidados. Esses depósitos são constituídos por areia, argila e turfa de origem aluvial e coluvial, que constituem a planície aluvial do rio Ivaí. Segundo Santos *et al.* (2008b) essa planície é formada por terraços aluviais do antigo sistema do rio Ivaí que estão cerca de 5 a 8m acima da atual planície de inundação do rio. Nesse local ocorrem solos pouco desenvolvidos do tipo Neossolos Flúvicos que recobrem os terraços, a planície e algumas ilhas e algumas manchas de Gleissolos e Organossolos.

I. 1. 4 Características Climáticas

As características climáticas da bacia do rio Ivaí demonstram um padrão subtropical, com boa distribuição das precipitações anuais e sem estação seca definida, com altos índices pluviométricos, principalmente na porção média alta da bacia, onde ocorre influência das

altitudes mais elevadas que superam os 1000m. Apresenta invernos frios com ocorrência de geadas, principalmente nas porções media e alta da bacia, conforme mostra a figura 5.

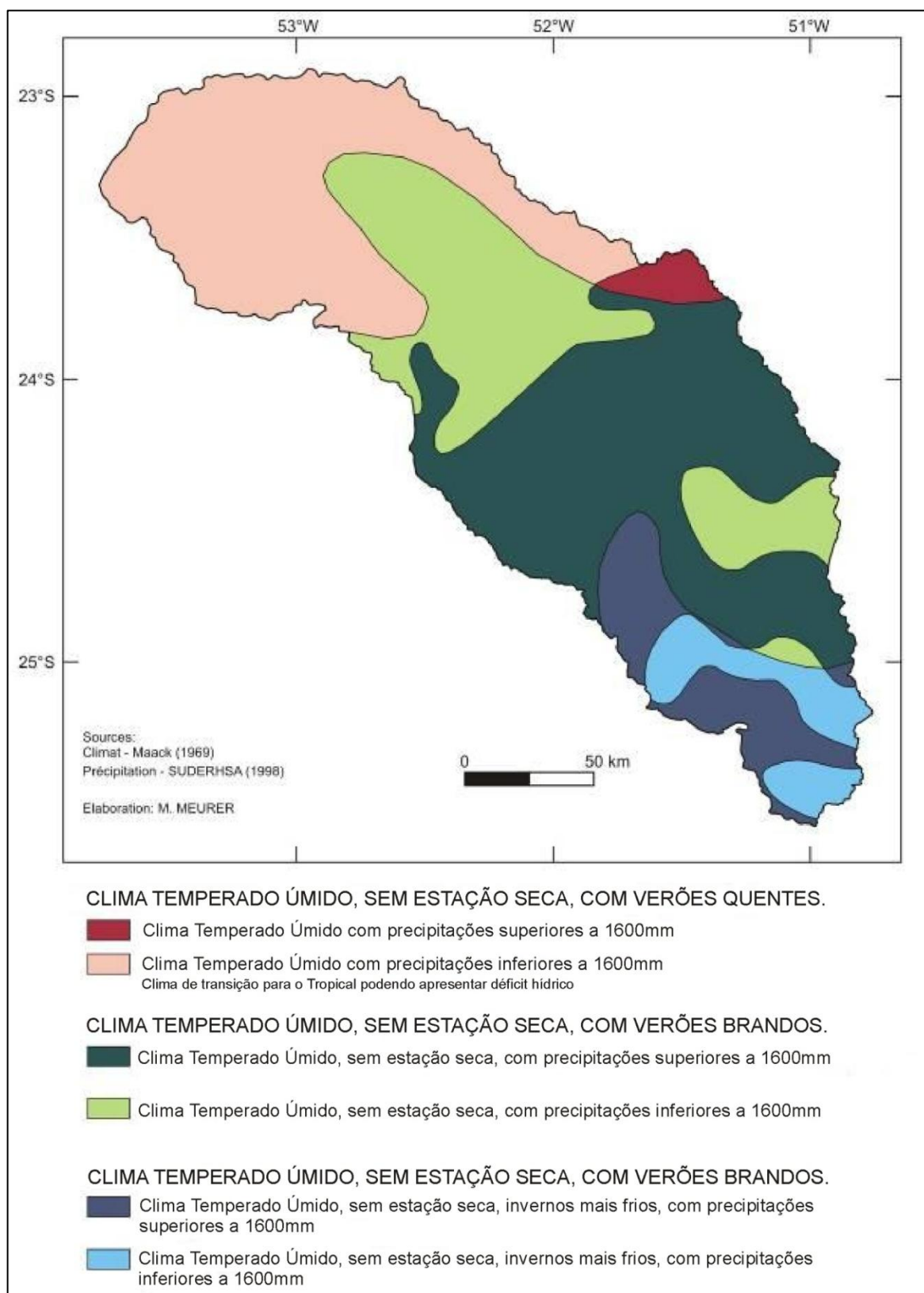


Figura 5: Tipos climáticos da bacia hidrográfica do rio Ivaí e suas principais características.
Fonte: Adaptado de Meurer, M. (2008).

A distribuição espacial das chuvas mostra dois padrões bem distintos para a bacia, ou seja, maiores valores foram registrados a montante, com mais de 1850mm na região de Pitanga e Guarapuava. Este valor vai decrescendo no sentido a jusante, chegando a menos de 1350mm nas proximidades de Paranavaí, (BALDO, 2006, p. 77).

Estudos de correlação da precipitação pluvial da região Sul do Brasil com os Oceanos Atlântico Tropical e Pacífico realizados por Studzinski (1995), demonstram que os dois oceanos desempenham um papel importante na região, influenciando principalmente nos maiores volumes pluviométricos do verão. Esse estudo concluiu também que as variações interanuais das anomalias nessa região estão fortemente relacionadas com o fenômeno *El Niño*.

Andrade (2003) e Baldo (2006) também destacam as influências exercidas pelos fenômenos *El Niño* e *La Niña* no comportamento pluviométrico da bacia do rio Ivaí e seus reflexos na produção agropecuária e na economia dos municípios que a integram. Cabe resaltar que o comportamento fluvial também apresenta respostas condicionadas aos fenômenos, tendo em vista que o padrão e a intensidade das precipitações variam significativamente em anos de ocorrência dos fenômenos.

Nery *et al.* (1998) buscaram uma explicação para a variabilidade pluviométrica no Estado do Paraná e concluíram que o fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul), exerce uma significativa influência na distribuição pluviométrica temporal e nos volumes totais precipitados.

A orografia desempenha uma grande influência na precipitação pluvial do Paraná e no caso da bacia do Ivaí, essa influência se manifesta principalmente na porção superior em razão das maiores altitudes da Serra Geral. Segundo Douhi (2004), nesta porção as características da circulação atmosférica contribuem para um maior número de ocorrências de chuvas anuais e para os índices pluviométricos mais elevados, superando os 2000mm/ano.

Na bacia não são identificados períodos secos que possam configurar um regime sazonal, embora os maiores volumes pluviométricos se concentrem nos períodos da primavera e do verão, influenciados pelos sistemas convectivos tropicais que atuam mais nesse período.

O trecho que representa a parte baixa da bacia apresenta os menores índices pluviométricos com uma amplitude de 32% na mediana da bacia, com um leve déficit hídrico nos meses de julho e agosto, porém, os volumes totais anuais em torno de 1500mm configuram índices pluviométricos numa condição de clima úmido.

I. 1. 5 Vegetação Primitiva e Ecorregiões

A fitogeografia primitiva da bacia do rio Ivaí, sofre influência dos domínios climatobotânicos, que segundo Ab`Saber (1977), são saldo de uma série de flutuações climáticas do Quaternário sul-americano, com as implicações fitogeográficas. As implicações fitogeográficas têm grande influência na distribuição das paisagens naturais e nas formações vegetais e estão intrinsecamente ligadas aos elementos geológicos, geomorfológicos e climáticos, assim constituindo os complexos vegetacionais desta bacia, definidos pelo IBGE (1992) como Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual e fragmentos de Campos de Altitude e Enclaves de Cerrado, como mostra a figura 6.

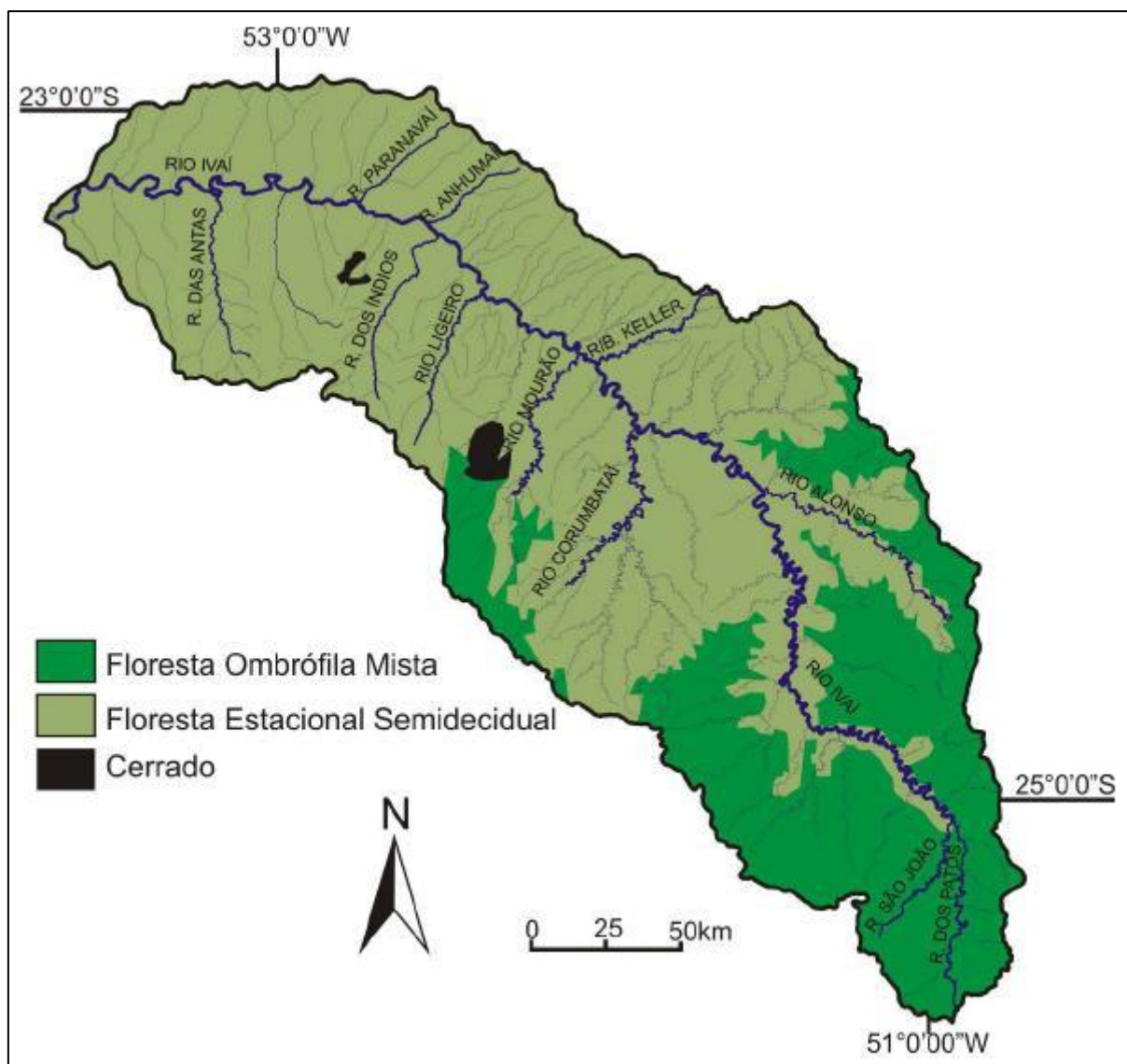


Figura 6: Vegetação primitiva da bacia hidrográfica do rio Ivaí.
Fonte: Leli. I. (2010).

A Floresta Ombrófila Mista ocupa regiões com altitudes superiores a 500m, que apresentam temperaturas médias anuais em torno de 18°C, mas que apresentam de 3 a 6 meses com temperaturas inferiores a 15°C e com ocorrência de geadas e precipitação média de 1500mm, bem distribuída durante o ano.

A denominação de Floresta Ombrófila Mista ou (Mata de Araucária) provém da mistura de floras de diferentes origens, definindo padrões fitofisionômicos típicos em zonas climáticas caracteristicamente pluviais. Sua fisionomia é marcada pela presença do pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*), mas também pelos gêneros primitivos como *Drymis* (australásicos) e *Podocarpus* (afro-asiático). Outros gêneros e espécies associadas compõem esta região fitogeográfica, dentre elas: *Ocotea* (imbúia, canela), *Ilex paraguayensis* (ervamate), *Mimosa scabrella* (bracatinga), *Campomanesia xanthocarpa* (guabiroba) entre outras, conforme Santos (2001).

A Floresta Estacional Semidecidual é constituída por múltiplas espécies vegetais que formam uma floresta exuberante que ocorre na porção média e inferior da bacia do rio Ivaí. Sua ocorrência está vinculada às áreas de maior tropicalidade, onde as temperaturas são mais elevadas com médias superiores a 18°C e as chuvas são mais concentradas no verão, sem ocorrência de período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo frio no inverno, com temperaturas médias inferiores a 15°C, o que ocasiona na vegetação a perda de parte das folhas (20 a 50%) nos períodos desfavoráveis.

Entre as principais espécies desta região fitogeográfica, podem-se citar: *Cariniana strelensis* (jequitibá), *Aspidosperma polyneuron* (peroba rosa), *Cedrela fissilis* (cedro), *Ficus* spp. (figueira), *Cabralea* (cangerana), entre outras.

A Floresta Estacional Semidecidual se subdivide por categorias de acordo com as áreas de ocorrência, podendo ser classificada como floresta estacional semidecidual aluvial (na planície aluvial, na margem dos rios), floresta estacional semidecidual submontana (abaixo dos 500 m de altitude) e montana (acima de 500m de altitude).

Os Campos de Altitude formam, com frequência, mosaicos com a Floresta Ombrófila Mista. Frequentemente os campos são diferenciados em **campo limpo**, onde prevalecem gramíneas (poaceae) e ciperáceas, assim como muitas espécies herbáceas pertencentes a várias famílias e **campo sujo**, onde além das gramíneas e herbáceas baixas ocorrem arbustos, principalmente as espécies (*Baccharis gaudichaudiana*, *B. uncinella*) e gravatás *Eryngium* spp. (gravatá-do-banhado), conforme Koserá (2008).

Os Enclaves de Cerrado são fragmentos biológicos indicativos de condições paleoclimáticas, representando um período cíclico de semiaridez. São encontrados

principalmente na região de Campo Mourão, sendo destacadas nos estudos de Maack, 1948, Bigarella (1964), Liberali (2003), entre outros.

Liberali (2003) baseia-se nos referenciais teóricos das flutuações climáticas do Quaternário de Ab'Saber (1977), Viadana (2000) e Bigarella, (1964), que reforçam a teoria dos refúgios, associando-a às variações do paleoclima, que deixou evidências de condições ambientais diferentes da atual.

Na flora do cerrado destacam-se as cactáceas e bromeliáceas, que são relíquias de um passado geológico diferente das condições climáticas atuais, estando atualmente condicionadas a uma região de elevada pluviosidade. Troppmair ressalta que pelo fato dessa região apresentar um elevado índice pluviométrico “e condições geoambientais muito diversificadas em seu conjunto, permitem o desenvolvimento de elevadíssima biodiversidade, cuja origem está ligada aos paleoclimas” (TROPPMAIR, 2000, p. 38).

Predominam na área espécies como *Cereus hildmanianos* (Mandacaru), *Bauhinia* sp. (pata-de-vaca), *Ruellia angustifolia* (flor-de-fogo), *Lithraea* sp. (arueira), *Annona* sp. (ariticum), *Aechmea distichantha* (bromélia), entre outras.

Meurer (2008) propôs uma classificação da bacia do rio Ivaí em ecorregiões, denominada de “Setorização em Ecorregiões” a qual leva em consideração as variáveis de controle (geologia, pedologia, vegetação, topografia, clima e precipitação). O autor destaca que o peso dos fatores de controle é variável e aponta a litologia e a topografia como os determinantes para os demais, principalmente por não haver diferenças significativas no clima. Essa setorização permitiu subdividir a bacia em cinco ecorregiões e dez sub-ecorregiões (Figura 7), contribuindo para uma compreensão mais detalhada de certas características que individualmente não seriam relevantes.

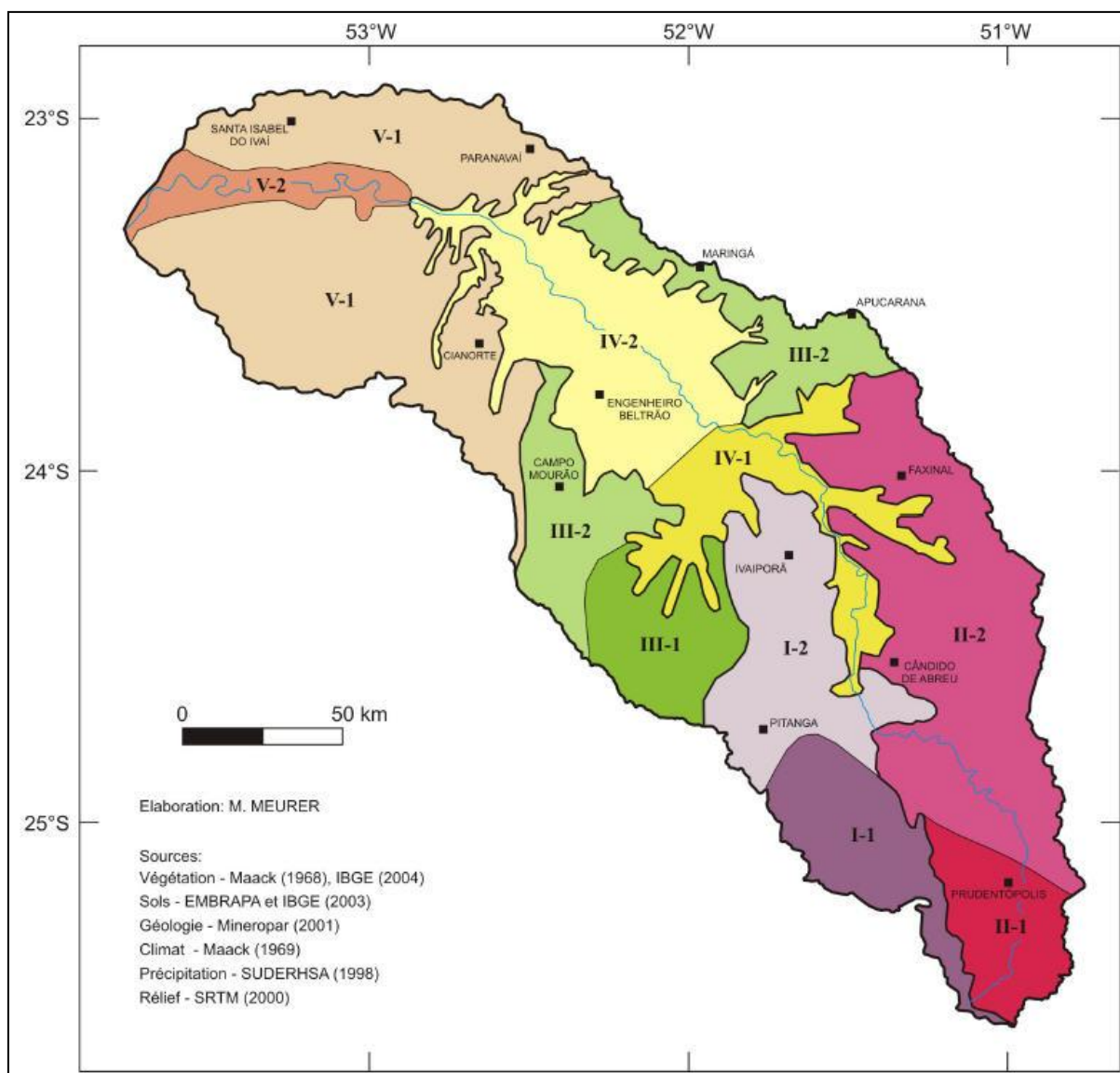


Figura 7: Subdivisão da bacia do rio Ivaí em ecorregiões e sub-ecorregiões.
 Fonte: Meurer, M. (2008).

I Ecorregião do alto planalto basáltico

I.1 Floresta Ombrófila Mista sobre o planalto basáltico, com altitudes superiores a 500 metros, podendo chegar a 1100 metros. Solos profundos (predominantemente Neossolos Líticos e secundariamente Latossolos), submetidos a um clima temperado úmido com verão quente e precipitações inferiores a 1600mm/ano.

I.2 Floresta Ombrófila Mista sobre o planalto basáltico, com altitudes superiores a 500 metros. Solos profundos (predominantemente Neossolos Líticos e secundariamente Latossolos), submetidos a um clima temperado úmido com verão quente e precipitações superiores a 1600mm/ano.

II Ecorregião do alto planalto sedimentar

II.1 Floresta Ombrófila Mista sobre o planalto sedimentar de formações Paleozoicas do Grupo Passa Dois, com altitudes superiores a 500 metros em alguns pontos superiores a 1000 metros. Solos relativamente profundos (Argissolos e Latossolos e Neossolos Líticos secundários), submetidos a um clima temperado úmido, menos quente, com precipitações inferiores a 1600mm/ano.

II.2 Floresta Ombrófila Mista sobre o planalto sedimentar de formações Paleozoicas do Grupo Passa Dois e Açungui, com altitudes superiores à 500 metros. Solos pouco profundos (Neossolos Líticos, mas também Argissolos e Latossolos), submetidos a um clima temperado úmido, menos quente, com precipitações inferiores a 1600mm/ano.

III Ecorregião do Médio planalto basáltico

III.1 Floresta Estacional Semidecidual sobre o planalto basáltico da Formação Serra Geral - Grupo São Bento, com altitudes superiores a 500 metros. Solos pouco profundos (Neossolos Líticos), submetidos a um clima temperado úmido, com baixas temperaturas e chuvas abundantes, superiores a 1600mm/ano e algumas regiões chegam a apresentar 1800mm/ano.

III.2 Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista sobre o planalto basáltico com altitudes superiores a 500 metros. Solos pouco profundos (Neossolos Líticos), submetidos a um clima temperado úmido, apresentando baixas temperaturas e precipitações em torno de 1600mm/ano.

IV Ecorregião do Médio Vale

IV.1 Floresta Estacional Semidecidual no vale do rio Ivaí, apresenta altitudes inferiores a 500 metros. Solos profundos (Nitossolos) derivados do basalto da Formação Serra Geral - Grupo São Bento e submetidos a um clima temperado úmido, com temperaturas baixas e pluviosidade abundante, superiores a 1600mm/ano.

IV.2 Floresta Estacional Semidecidual no vale do rio Ivaí, apresenta altitudes inferiores a 500 metros. Solos profundos (Nitossolos) derivados do basalto da Formação Serra Geral – Grupo São Bento e submetidos a um clima temperado úmido, com temperaturas baixas e pluviosidade menos abundante, inferiores a 1600mm/ano.

V Ecorregião com colinas de arenito e vales fluviais

V.1 Floresta Estacional Semidecidual sobre colinas de arenito da Formação Caiuá – Grupo Bauru, apresenta altitudes inferiores a 500 metros. Solos profundos (Argissolos e Latossolos), submetidos a um clima temperado úmido com inverno quente e seco. Precipitações médias anuais inferiores a 1600mm/ano.

V.2 Floresta Estacional Semidecidual e Campos, sobre a planície aluvial do rio Ivaí, formada por sedimentos inconsolidados de formação recente. Apresenta altitudes abaixo de 300

metros, solos profundos (Latosolos e Gleyssolos) submetidos a um clima temperado úmido com inverno quente e seco e precipitações médias anuais inferiores a 1600mm/ano. Os solos estão sujeitos às flutuações do lençol freático, muitas vezes saturado com água. Em geral, a vegetação da planície é muito apropriada para a água excedente, com campos inundados e matas ciliares ao longo do canal.

I. 1. 6 Rede Hidrográfica

A bacia hidrográfica do rio Ivaí é formada por uma densa rede hidrográfica, principalmente nos cursos superior e médio. Em grande parte, os rios são pouco extensos, com vazões pouco expressivas, apresentando corredeiras, cachoeiras e morfologias de canais irregulares, com forte imposição estrutural. Outros fatores como a confluência de tributários, as variações na resistência do substrato rochoso à erosão, a erosão remontante por mudança brusca em nível de base à jusante ou ainda as deformações neotectônicas locais ou na bacia de drenagem, também podem influenciar na morfologia dos canais, como destacam Acklas Jr. *et al.* (2003).

Os principais rios do alto curso da bacia são os afluentes formadores do rio Ivaí, rio dos Patos e rio São João, que a partir da confluência, (Figura 8), localizada no município de Prudentópolis, próximo à divisa com o município de Ivaí no Segundo Planalto paranaense, dão origem ao rio Ivaí, o qual estende-se por cerca de 685km até sua foz com o rio Paraná.



Figura 8: Confluência dos rios dos Patos – esquerda e São João – direita, localizada no município de Prudentópolis, onde tem origem o rio Ivaí, (25°01'12"S 050°58'28"W-510m).
Foto: Douhi, N. (2011).

Os demais afluentes são os rios Alonso, Paranaíba e das Antas, pela margem direita e os rios Corumbataí, Mourão, Ligeiro e dos Índios, pela margem esquerda, localizados principalmente no trecho médio da bacia, como mostra a figura 9.

O curso do rio Ivaí desenvolve-se no sentido geral noroeste, com orientação para oeste no baixo curso, tendo claras evidências de imposição estrutural. Constitui-se ainda no único tributário paranaense a desenvolver uma extensa planície aluvial, onde são identificados terraços fluviais, alagadiços, meandros abandonados e a ocorrência de inundações ocasionais.

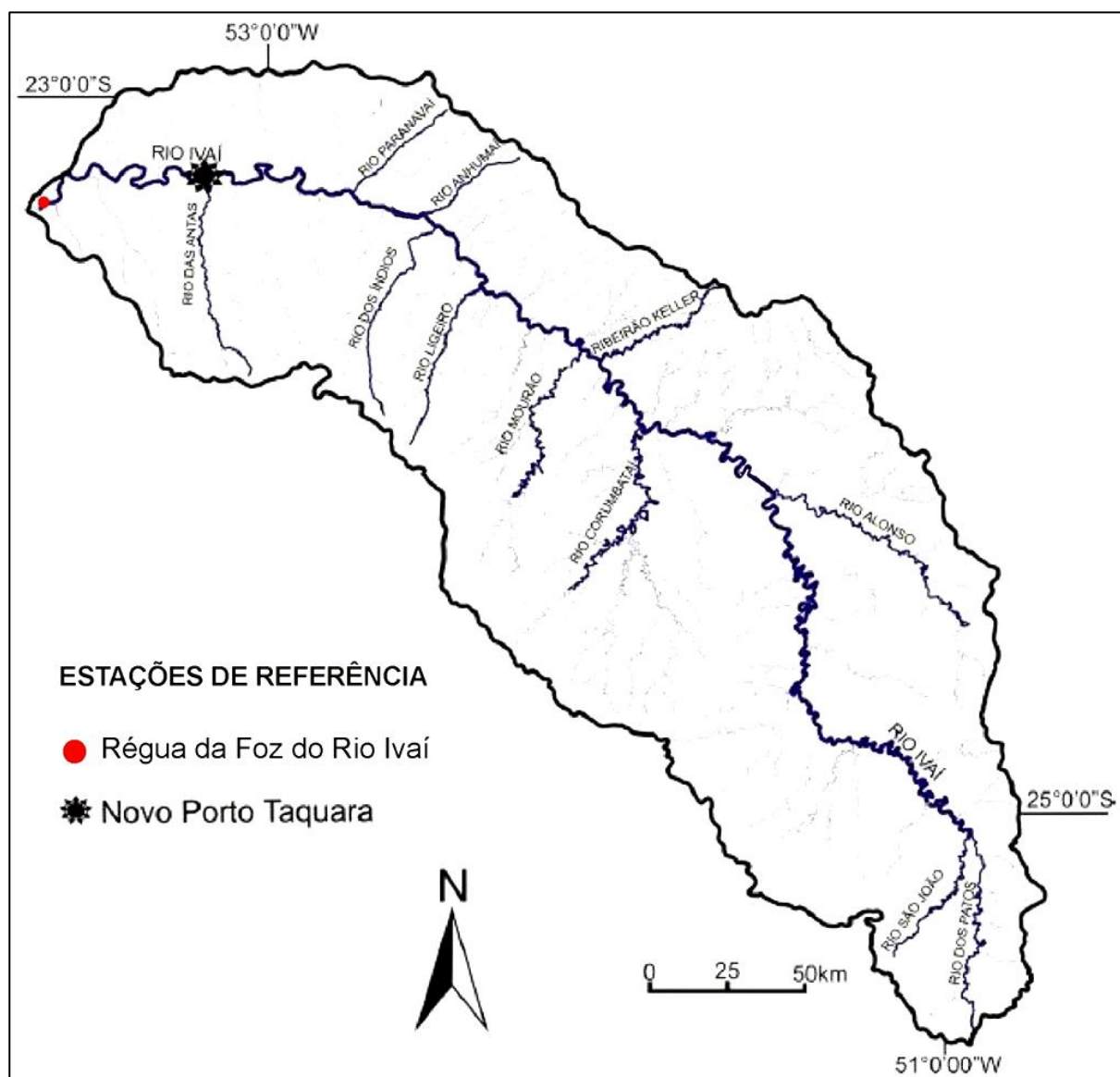


Figura 9: Rede hidrográfica da bacia do rio Ivaí.

Fonte: Leli, I. (2010).

Conforme Fugita (2009) o rio Ivaí apresenta um padrão de drenagem bastante complexo em função das diferentes estruturas litológicas presentes na bacia. Os padrões

variam entre o dendrítico em certas porções da bacia, paralelo em outras e porções com padrão treliça, não havendo, portanto, um padrão único em que a bacia se enquadre.

Fugita (2009) também destaca que o perfil longitudinal do rio Ivaí apresenta um desajuste em relação à curva côncava de um rio equilibrado, de nascente à foz. Nele, podem-se distinguir áreas (convexas) e áreas rebaixadas (côncavas), seguidas por rupturas de declive presente em todo o perfil longitudinal. Essas anomalias são controladas por diferentes variáveis como a imposição estrutural e mudanças litológicas.

Como principal tributário do rio Paraná no estado do Paraná, o Ivaí possui significativa contribuição para o rio Paraná, principalmente na estabilidade das vazões, no aporte de sedimentos e nas relações biológicas existentes entre a fauna dos rios Paraná e Ivaí, por exemplo, a subida de peixes para desova em períodos de reprodução.

Cabe destacar que o rio Ivaí ainda possui uma condição natural relativamente preservada, principalmente em relação ao controle de fluxo, tendo em vista que não apresenta barramentos e nem outras formas de intervenções mais significativas em seu leito. As maiores intervenções se verificam fora do canal fluvial e estão associadas à urbanização e as atividades agropecuárias, sendo fatores que influenciam na qualidade da água e no comportamento hidrológico, exercendo um papel de controle principalmente das inundações na planície aluvial.

I. 1. 7 Aspectos Ambientais

O rio Ivaí possui uma significativa importância econômico-social, pois drena uma região de ampla atividade econômica e com um grande número de municípios e habitantes. Sua importância regional se dá por servir de fonte de abastecimento, de irrigação, no fornecimento de sedimentos para a indústria da construção civil, na pesca, nas atividades de lazer entre outras.

Apesar de sua significativa importância e características peculiares, os estudos acerca de seu regime hidrológico, climático, sua dinâmica sedimentar e das alterações dessas variáveis ante as ações antrópicas em sua bacia hidrográfica são bastante recentes e ainda incipientes, com maior concentração das pesquisas no baixo curso. Destacam-se nessa área os estudos de Andrade (2003), Biazin (2005), Destefani, (2005), Terezan (2005), Baldo (2006), Barros (2006), Kuerten (2006), Franco (2007), Fugita (2009), Moraes (2010) e Leli (2010) entre outros, que representam uma grande contribuição para construção de uma base de dados

sólida, com possibilidades de análise mais aprofundada e resultados mais expressivos do ponto de vista de abrangência espacial e temporal.

Paiva (2008) indica em seu estudo que a bacia do rio Ivaí sofreu um grande desflorestamento a partir de 1950, fato que possivelmente provocou alterações no regime hidrológico do rio Ivaí. A partir da década de 70 e mais recentemente, o que se verifica é um leve aumento no fluxo de base e redução na carga sedimentar, como aponta Leli (2010).

Outros estudos, como os realizados por Douhi (2004), Antoneli (2011), apontam numa visão mais ampla do sistema, que em toda sua extensão a bacia do rio Ivaí apresenta impactos de natureza semelhante como desmatamento, urbanização, agropecuária sem as técnicas adequadas, porém com intensidades diferentes.

As porções mais à montante apresentam um grau de mecanização menos intenso dedicando-se mais a agropecuária de subsistência e atividades como a fumicultura, sericicultura, fruticultura, silvicultura, etc.

Os trechos médio e baixo da bacia apresentam áreas de agricultura mais modernizada, com predomínio de culturas temporárias (soja e milho) e com emprego de técnicas e equipamentos sofisticados.

Na planície de inundação, por se tratar de uma área de baixa declividade e trechos inundáveis são identificadas muitas áreas de pecuária de bovinos e de cultivos agrícolas como soja, milho, cana de açúcar e com destaque nos últimos anos a rizicultura.

Todas as atividades que promovem a exploração do solo geram impactos como a remoção das florestas e a perda da biodiversidade. Outros agravantes como a perda de solos por erosão, a contaminação do solo e dos recursos hídricos pelo uso intensivo de agrotóxicos, o assoreamento dos cursos dos rios, também são comuns. Combinados, esses impactos geram uma redução da capacidade produtiva das áreas e provocam desequilíbrios no sistema hidrológico, principalmente nas áreas com menor capacidade de resiliência.

As intervenções que o sistema fluvial recebe pela ação antrópica (diretas e indiretas), além de influenciarem no comportamento do sistema são responsáveis pelas alterações qualitativas do sistema, visto que respondem pelo lançamento de resíduos sólidos, efluentes e agrotóxicos, principalmente nas regiões mais urbanizadas e de agropecuária comercial.

Em estudos dos Índices de Qualidade da Água (IQA), feitos pela SEMA (2010), os resultados obtidos foram predominantemente de qualidade boa e razoável. De uma maneira geral os parâmetros se situam dentro das respectivas classes. A exceção fica por conta dos coliformes e do fósforo que frequentemente excedem os limites. É necessário, porém, que o

monitoramento da qualidade da água seja permanente, para que as informações sejam mais conclusivas.

Santos *et al.* (2008a) realizaram estudos da concentração de metais pesados nas águas do baixo curso do rio Ivaí e identificaram a presença de Pb, Zn, Cu, e Fe com concentrações mais elevadas que as permitidas pela Resolução nº 20/1986 – CONAMA para rios da classe 2. A ocorrência dos três primeiros deve-se principalmente à atividade agrícola, já as concentrações de Fe estão associadas à composição litológica magmática básica, predominante em grande parte da bacia. Fica evidente que a intensa utilização agrícola tem afetado a qualidade natural das águas do rio, comprometendo assim toda cadeia biológica ali instalada e consequentemente a população que se utiliza de seus recursos.

Um fator positivo se evidencia nos estudos de Leli (2010) em que foram verificadas alterações no comportamento e nos volumes da carga hidrotransportada pelo rio, sendo registrada uma redução de aproximadamente 36% entre os períodos de 1977 a 2007. Essa redução pode estar associada à menor produção de sedimentos nas áreas fonte em função das mudanças introduzidas nos sistemas de cultivo agrícola e ampliação das exigências legais ligadas à preservação ambiental.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a planície de inundação do rio Ivaí, a qual é ativa nos últimos 150km do baixo curso. A área está inserida na planície aluvial do rio Ivaí, que segundo Santos *et al.* (2008b) possui cerca de 150km, estendendo-se desde o município de Tapira até sua foz no rio Paraná, em Icaraíma. Além dos municípios citados, estão inseridos na planície, os municípios de Guaporema, Cidade Gaucha, Amaporã, Tapira, Planaltina do Paraná, Santa Mônica, Douradina, Santa Isabel do Ivaí, Ivaté e Santa Cruz de Monte Castelo.

A largura da planície aluvial pode variar de 3 a 5km na porção à montante, chegando a 15km no zona de confluência com o rio Paraná. Esse é o único setor onde o rio desenvolve uma “planície de inundação ativa” com ocorrência de inundações regulares, (Figura 10).

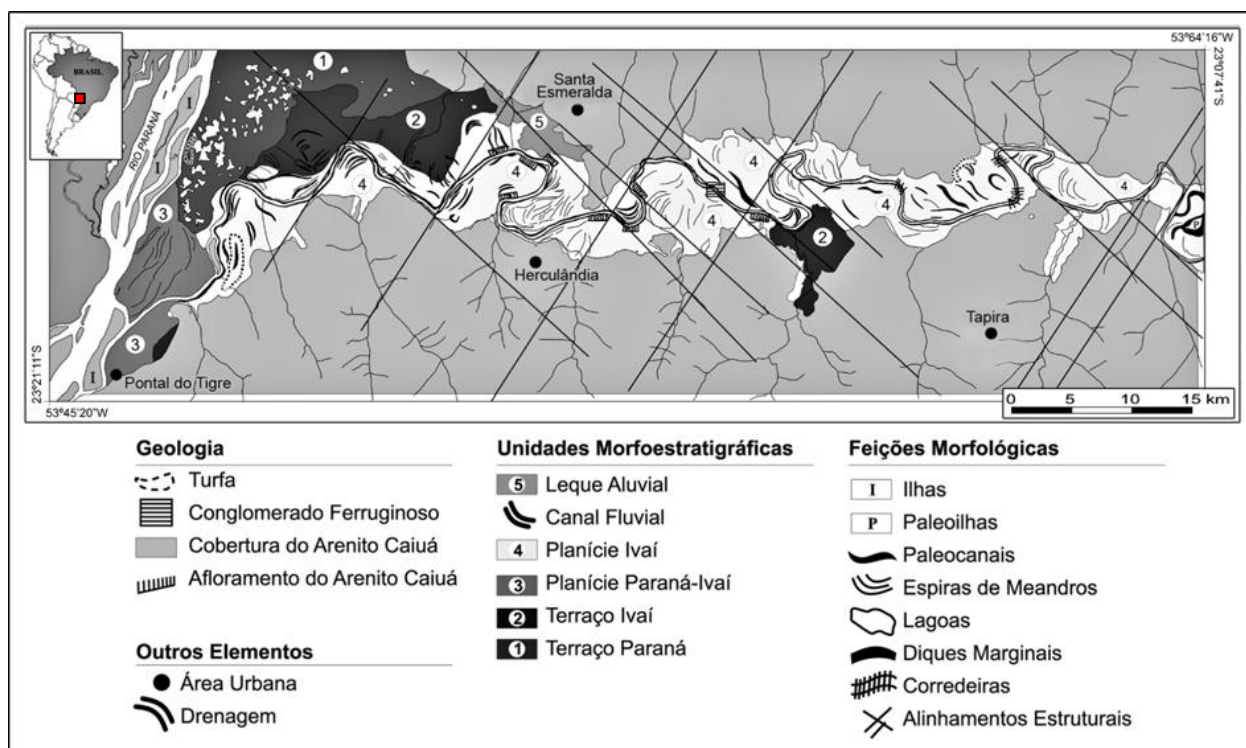


Figura 10: Mapa de localização da planície aluvial do rio Ivaí, compartimentada em unidades morfoestratigráficas e localização da área de estudo.

Fonte: Santos M. L. *et al.* (2008b).

Conhecer os aspectos geomorfológicos e hidrológicos da planície e entender a dinâmica das inundações do rio Ivaí e suas interações com as áreas de influência é parte dos objetivos deste estudo, portanto, as características da planície aluvial e de inundação, além das formas de ocupação representam temas relevantes neste estudo.

No conceito sobre planície de inundação proposto por Christofolletti (1980), o autor destaca a integração entre a dinâmica fluvial, sedimentológica e geomorfológica. Para o autor, a planície de inundação é a faixa do vale fluvial composta por sedimentos aluviais, bordejando o curso de água, e periodicamente inundada pelas águas de transbordamento do rio. Destaca ainda, que as planícies de inundação são áreas constituídas por sedimentos arenosos finos, silto arenosos, argilas e/ou argilas orgânicas, dispostos em camadas irregulares e descontínuas, podendo apresentar ou não cascalhos e matacões. É comum a presença de alagadiços devido ao lençol freático aflorante ou raso. Estas feições são formadas pelo leito maior e pelo leito maior excepcional do rio.

Na classificação da planície aluvial do rio Ivaí proposta por Santos *et al.* (2008b), os autores destacam que o rio Ivaí possui uma planície aluvial ampla e com uma grande diversidade de depósitos sedimentares originados em diferentes contextos geomorfológicos, com certa regularidade de cheias anuais. Cada um dos sub-ambientes que constituem a

planície, possui diferentes fácies sedimentares e morfologias, o que permitiu que autores a subdividissem em 6 unidades morfoestratigráficas “Planície do rio Ivaí, Planície Paraná-Ivaí, Terraço Paraná, Terraço Ivaí, Leque Aluvial e Canal Fluvial”, cujas características estão descritas abaixo:

1) A planície do Paraná-Ivaí: desenvolve-se junto à foz do rio Ivaí e é dominada pela dinâmica conjunta dos rios Ivaí-Paraná, constituindo uma área de planície de inundação ativa. Apresenta altitudes que variam de 231 a 235m, largura de aproximadamente 15km, com morfologia plana e presença de paleocanais, diques marginais e pântanos. Os limites de contatos são bem marcados e os depósitos e fácies predominantes são de argila, argila com matéria orgânica e areias;

2) Terraço Paraná: apresenta altitudes que variam de 236 a 241m, largura em torno de 9km, com morfologia plana e presença de lagoas de até centenas de metros de diâmetro. Possui limites e contatos evidentes e os depósitos e fácies predominantes são de areia fina a média, cascalho com matriz arenosa e turfas;

3) Terraço Ivaí: as altitudes variam entre 239 a 244m e largura de 2 a 7km, apresenta-se de forma descontínua com uma morfologia de patamares escalonados planos a pouco ondulados com presença de paleocanais e espiras de meandro. Os limites e contatos são bem evidentes e os depósitos e fácies são formados por pelitos com concentração de matéria orgânica, areia fina maciça ou estratificada;

4) Planície Ivaí: Possui altitudes que variam entre 235 e 250m, com largura variável de até 13km, apresentando morfologia plana com inclinação para o rio, sendo a unidade de maior ocorrência das inundações. Os limites e contatos são bastante claros com grande quantidade de paleocanais, paleoilhas, espiras de meandros, diques marginais e turfas, os depósitos e fácies são formados predominantemente por areia fina e média e argila maciça ou laminada. Em datação realizada com ^{14}C utilizando material orgânico aflorante na base dos depósitos da planície, foi obtida a idade de 14.307 ± 68 anos A.P.

5) Leques aluviais: localizam-se nas porções de maior altitude entre 246 e 291m, com largura de aproximadamente 2km e 10km de comprimento. Possuem uma morfologia de lombada inclinada para o rio, com transição mais marcada no contato com o Arenito Caiuá. Os leques aluviais são formados basicamente por areia fina maciça de coloração clara;

6) Canal fluvial: no trecho de planície o canal apresenta cotas que variam de 220 a 235m, leito meândrico encaixado, com características de controle estrutural, sem evidência de mobilidade lateral e largura variando entre 150 à montante e 250m junto a foz. Apresenta poucas corredeiras as quais são formadas por afloramentos do Arenito Caiuá ou

conglomerados fortemente limonitizados que formam a base do pacote sedimentar da planície. Também ocorrem barras laterais e ilhas com presença de fácies e depósitos formados por pelitos, seixos, areias e argila maciça ou laminada, estes últimos normalmente associados a depósitos de cheia. “A datação de ^{14}C , efetuada em restos vegetais coletados num depósito areno-pelítico a 4,5m de altura da margem direita, revelou uma idade menor que 200 anos A.P. ($113,8 \pm 0,5\%$ M)” (SANTOS *et al.*, 2008b, p. 31). Isso demonstra o forte trabalho vertical do rio dentro de sua calha e mostra a dificuldade de se separar depósitos modernos dos antigos, em regiões tropicais.

No trecho da planície aluvial, curso inferior, o canal fluvial apresenta um “índice de sinuosidade de 1,7” (KUERTEN, 2009, p. 145), fortemente influenciado pela característica estrutural, que condicionada pela tectônica regional, torna este trecho profundamente encaixado dentro dos depósitos areno-argilosos da planície aluvial. “Lateralmente ao canal, desenvolvem-se extensos diques marginais, com cerca de 5m de altura, e na planície aluvial é comum a ocorrência de paleocanais, paleo-ilhas e de terraços” (SANTOS *et al.*, 2008b, p. 30). Em direção a jusante a altitude, o gradiente de declividade e a altura das margens diminuem enquanto a largura do canal e planície aluvial aumentam.

A declividade do canal do rio Ivaí diminui para jusante, de 8cm/km no trecho superior da planície aluvial para 4.2cm/km nos últimos 50km. O canal fluvial está mais encaixado à montante da planície, com margens de até 14m acima do nível médio das águas. Próximo a confluência com o rio Paraná a altura das margens diminui para cerca de 2 a 5m. A largura do rio aumenta para jusante, variando muito pouco conforme as variações do nível da água, em função do encaixamento do canal, Santos (2005).

Franco (2007) e Barros (2006) apontam para existência de uma interdependência entre o rio Ivaí e o rio Paraná que se manifesta no efeito de barramento do Ivaí provocado pelo rio Paraná em condições de cheias mais pronunciadas e o mesmo efeito no canal secundário do Paraná pelo rio Ivaí. Os efeitos de barramento também influenciam na dinâmica sedimentar e nas alterações da morfologia do canal, considerando que quando barrado, o rio Ivaí diminui a velocidade do fluxo e deposita os sedimentos, reativando a erosão e o transporte na fase sem o efeito de barramento.

Nos estudos realizados por Destefani (2005), Kuerten (2006), Biazin e Santos (2008), Barros (2006), Fugita (2009), Moraes (2010) entre outros, o baixo curso do rio Ivaí é descrito como encaixado nos sedimentos depositados em períodos em que a planície era mais ativa. “Na atualidade a planície de inundação é pouco ativa, tendo sua dinâmica associada ao

comportamento da descarga do rio Paraná e aos eventos de cheia excepcionais” (SANTOS *et al.*, 2008b, p. 32).

A condição de rio encaixado na planície aluvial, com planície de inundação pouco ativa em termos espaciais, desperta o interesse de conhecer essa periodicidade de inundações, associando-as aos picos de cheia registrados nas séries históricas e em fotos aéreas e imagens de satélites. Além da periodicidade, é importante identificar e entender os mecanismos de controle das inundações, considerando que ocorrem efeitos de barramento ainda pouco esclarecidos, controles artificiais em áreas ocupadas por atividades agropastoris e controles naturais morfológicos como diques marginais.

Os diferentes ambientes que se desenvolvem na planície de inundação, suas características e suas relações com o canal são fundamentais para o equilíbrio biótico da planície e do canal. Nesse aspecto a presença da vegetação os tipos de uso do solo exercem um papel fundamental na definição desses ambientes e consequentemente nas condições ambientais da planície de inundação.

Para entender melhor essas variáveis e suas interações, neste estudo são levantadas as condições morfohidrológicas do sistema rio-planície de inundação, visando definir o regime de cheias e estabelecer os limites espaciais das maiores cheias do rio Ivaí, buscando identificar o sistema de controle das inundações.

Os estudos disponíveis na literatura sobre metamorfose fluvial, induzida natural ou antropicamente e suas consequências são mais frequentes em sistemas de pequeno a médio porte e, em sua maioria, enfocam algumas de suas características. As mudanças no padrão fluvial e nas características morfológicas do canal são, via de regra, as variáveis mais estudadas. Há na literatura, vários exemplos de estudos em rios de clima temperado como: Ródano na França, Mississipi nos EUA, Tâmis na Inglaterra e Reno, este último, principalmente no baixo curso (Alemanha e Holanda) como destaca o estudo de Gaay & Blokland (1970). Os rios destacados sofreram muitas transformações induzidas pelos projetos de viabilização de hidrovias e de hidrelétricas, além de projetos de ocupação de áreas de planície de inundação, iniciados de forma efetiva há mais de um século. A condição de ocupação e os diversos projetos executados contribuíram para maior quantidade de informações e séries de dados que possibilitam um conhecimento mais aprofundado da dinâmica de rios temperados.

Nos sistemas fluviais maiores e sob clima tropical, especialmente no Brasil, as pesquisas são recentes e ainda não contemplam certas escalas de análise. A ascensão destes estudos vem ocorrendo a partir do final do Séc. XX e início do Séc. XXI, principalmente com

os avanços promovidos na obtenção de informações remotas (satélites, radares) e nos programas computacionais como ArcGIS e SPRING. Entre os pesquisadores desta área destacam-se: Santos, Stevaux, Souza filho, Rocha, Comunello, Junk, Florenzano, Latrubesse, Corradini, Aquino, Assine, Meurer, Martins, entre outros, os quais vêm desenvolvendo pesquisas concentradas principalmente nas bacias do Paraná, Ivaí, Amazonas, Araguaia e Paraguai-Pantanal, com enfoques principalmente nas variáveis morfodinâmicas dos canais, carga e depósitos sedimentares, pulsos de inundação e cartografia de áreas inundáveis.

Cabe ressaltar que nos estudos hidrogeomorfológicos realizados nos rios Paraná e Ivaí a UEM é referência, contando com dois importantes núcleos de pesquisa, NUPÉLIA e GEMA, aos quais estão vinculados muitos pesquisadores com contribuições significativas em resultados de pesquisa científica, nos registros de dados e em amostras coletadas.

I. 2. 1 Uso e Ocupação na Planície de Inundação do Rio Ivaí

A ocupação da região onde se insere a planície de inundação do rio Ivaí, teve início com os povos nativos do Grupo Xetá, pertencentes à família Tupi Gurani, que segundo Silva (1998), eram caçadores e coletores não tendo o hábito de cultivar a terra e, portanto, causando poucas alterações ambientais. A partir de 1950 teve início o processo de ocupação organizado pelas empresas colonizadoras, com destaque para Companhia Brasil Paraná (BRAPA). Harachenko (2002) informa que esta foi responsável pela divisão e venda dos lotes na região de Querência do Norte, seguindo um modelo parecido com o praticado pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP), entretanto, sem a implantação da infra-estrutura necessária para dinamizar a região. A ocupação coordenada dizimou boa parte dos nativos e obrigou os demais a migrar para outras áreas, principalmente para o atual Mato Grosso do Sul.

Os primeiros núcleos habitacionais e de produção na região do baixo Ivaí e na planície de inundação foram beneficiados pelas características climáticas com chuvas abundantes, sem déficit hídrico e pouca ocorrência de geadas e das condições favoráveis do relevo, que varia de plano a suave ondulado. Esses fatores contribuíram para o processo de ocupação das áreas e a introdução de atividades como o cultivo de café e algodão, a pecuária extensiva e agricultura de subsistência.

Soares (1973) ressalta que a partir de 1960 com a decadência dos cafezais por causa de geadas excepcionais e pela perda da fertilidade natural dos solos derivados do Arenito Caiuá, a pecuária passa a ganhar destaque, tendo forte expansão na década de 80.

Atualmente a região tem ganhado importância com o cultivo do arroz, tendo o município de Querência do Norte como maior produtor do Estado do Paraná, embora a pecuária ainda represente a principal atividade econômica. Essas atividades vêm dividindo espaço com o cultivo da cana-de-açúcar e da soja, que embora ocupem pequenas áreas, vem crescendo em importância, principalmente a partir de meados da década de 80 e final de 90 do Século passado. Destaca-se, no entanto, que pela fragilidade das áreas aos processos erosivos, são necessárias técnicas de cultivo que reduzam tais riscos, como o sistema de plantio direto, terraceamento e manutenção da cobertura vegetal.

A expansão da cultura de cana-de-açúcar nessa porção da bacia deve-se, entre outros fatores, às características climáticas que atendem às necessidades da planta a qual se desenvolve bem sob estação quente mais prolongada com alta incidência de radiação e umidade relativa adequada, seguida de período mais seco, ensolarado e mediantemente frio. Porém sem geadas durante a maturação e a colheita. Os estímulos governamentais à produção de carros bicompostíveis e ao uso do etanol, também contribuíram para ampliação das áreas cultivadas com cana de açúcar.

O processo de ocupação e a implantação de diferentes atividades desenvolvidas na planície de inundação do rio Ivaí, são importantes para o desenvolvimento econômico da região e ampliam as possibilidades de renda das famílias. Por outro lado, a ocupação das áreas com maior vulnerabilidade ambiental associada à falta de acompanhamento técnico e de fiscalização, acaba gerando inúmeros impactos ambientais como o desflorestamento, a erosão, a contaminação dos recursos hídricos, entre outros.

É preciso considerar que a parte da planície aluvial correspondente à planície de inundação do rio Ivaí, representa uma área de alta vulnerabilidade ambiental e que apresenta riscos sociais e econômicos, considerando que nas ocorrências de inundações ocorrem perdas da produção e do patrimônio dos moradores, além dos riscos à vida.

O planejamento das ocupações e das atividades produtivas, assim como a maior fiscalização para o cumprimento da legislação ambiental, são mecanismos necessários para impedir a ocupação de Áreas de Preservação Permanente e garantir o respeito às fragilidades dos demais ambientes. Além disso, são necessárias Políticas Públicas que orientem os moradores sobre as adequações necessárias e os meios necessários para efetivá-las.

CAPÍTULO II – PROCEDIMENTOS E MÉTODOS

O desenvolvimento da pesquisa resulta de um conjunto de fatores inter-relacionados que precisam ser sistematizados e orientados com o propósito de atingir os objetivos propostos, dentro das condições materiais disponíveis de acordo com o cronograma temporal estabelecido.

Para efetivação desta pesquisa foram propostas quatro linhas de atuação visando a coleta, sistematização e interpretação dos dados que consistiram em:

- a) Levantamento bibliográfico: nesta etapa foram realizadas pesquisas em diferentes meios, visando construir um embasamento teórico que ofereça suporte às discussões dos temas elencados. Também foram buscadas informações específicas sobre a área de estudo e até mesmo sobre a região, em trabalhos realizados ao longo dos anos, embora, alguns temas ainda tenham sido pouco estudados;
- b) Levantamentos de Campo: consistiram nas incursões de reconhecimento *in loco* das características da área, instalação de equipamentos, definição de limites das inundações, entrevistas com moradores, aferições de cotas e coordenadas, identificação de usos e intervenções na planície de inundação, levantamento de dados hidrológicos e geomorfológicos, entre outros;
- c) Trabalho de gabinete: representou a digitalização de cartas, levantamento, aquisição e manipulação de imagens, produção cartográfica, sistematização de registros fotográficos, etc;
- d) Análise, sistematização e interpretação dos dados: compreende as etapas de edição e redação da tese.

II. 1 PRINCIPAIS BASES PARA PRODUÇÃO CARTOGRÁFICA

A base cartográfica utilizada nos mapeamentos teve como suporte as Cartas de Icaraíma, Folha SF. 22-Y-CI, MI-2753, escala 1: 100.000, Carta de Tapira, Folha SF. 22-Y-CII, MI-2754, escala 1: 100.000 e Carta de Querência do Norte, Folha SF. 22-Y-CIII, MI-2755, escala 1: 100.000. Também foram utilizadas as Cartas de Icaraíma, Folha SF. 22-Y-C-I-4, MI-2753/4, escala 1: 50.000, Carta de Ivaté, Folha SF. 22-Y-C-II-3, MI-2754/3, escala 1: 50.000, Carta de Nova Olímpia, Folha SF. 22-Y-CII-4, MI-2754/4, escala 1: 50.000, Carta de

Rondon, Folha SF. 22-Y-CIII-3, MI-2755/3, escala 1: 50.000 e Carta de Paraíso do Norte, Folha SF. 22-Y-C-III-4, MI-2755/4, escala 1: 50.000, todas disponibilizadas pelo ITCG.

Com o objetivo de facilitar os trabalhos de representação cartográfica foi criado um Banco de Dados – SIG (Sistema de Informação Geográfica) no *Software Spring*, disponibilizado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) no qual foram incorporadas informações da rede hidrográfica, sistema viário e informações das curvas hipsométricas da bacia do Ivaí com equidistâncias de 20 metros, em escala 1: 50.000, disponibilizadas por Rafaela Harumi Fugita (arquivo pessoal), as quais deram suporte para caracterização morfológica da planície de inundação.

Ainda para montagem do banco de dados e a criação do MDE (Modelo Digital de Elevação) foram utilizados dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) obtidos em *Global Land Cover Facility* e imagens orbitais Landsat 3 – MSS órbita ponto 223/076 e 224/076, a partir do ano de 1972 e imagens orbitais Landsat 5 e 7 – TM órbita ponto 223/076 e 224/076 a partir do ano de 1980, disponibilizadas pelo INPE e USGS (United States Geological Survey).

Para caracterização morfológica também foram utilizadas informações de altimetria, das características de margens e declividade do canal, disponíveis no Diagnóstico do Baixo Curso do Rio Ivaí, realizado pelo consórcio THEMAG-PROENSI (1984), para COPEL (Companhia Paranaense de Energia), o qual foi digitalizado, georreferenciado e incorporado ao SIG.

Alguns dados morfológicos e de localização foram coletados em campo com uso de GPS (*Global Positioning System*) Garmim Etrex Vista, cujas informações foram incorporadas ao banco de dados, com objetivo de oferecer maior precisão e detalhes sobre a área.

O MDE foi gerado no *software Spring* e exportado para o *software Global Mapper*, no qual foi gerado o Modelo Tridimensional da área, que serviu como referência para definição de alguns pontos de inundação.

II. 2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA E ANÁLISE CLIMÁTICA

A caracterização geral da bacia e a análise climática se basearam quase exclusivamente na análise de referenciais teóricos produzidos pelo autor e demais autores e instituições que desenvolveram estudos sobre a bacia do rio Ivaí. São apresentadas informações diretas dos autores, no intuito de garantir a propriedade das mesmas, e por outro lado, possibilitar que estejam adequadas às abordagens pretendidas neste trabalho. Algumas

interpretações e inferências são baseadas nas informações empíricas proporcionadas pelas diversas visitas a campo em diferentes momentos e em pontos da bacia, principalmente no trecho da planície de inundação.

II. 3 REGIME HIDROLÓGICO

A definição do regime hidrológico do rio Ivaí se baseou nos trabalhos de Destefani (2005) que utilizou os dados referentes ao comportamento fluvial no período compreendido entre 1930 e 2003, com intervalos variados para cada estação, tendo como referência as estações do rio dos Patos, Tereza Cristina, Porto Espanhol, Ubá do Sul, Vila Rica, Porto Bananeira, Porto Paraíso do Norte e Novo Porto Taquara. As séries históricas de vazões e cotas foram cedidas pela ANA, SUDERHSA e ITAIPU BINACIONAL.

Em seus estudos Destefani abordou parâmetros como a periodicidade, a estacionariedade, a frequência, a duração e a recorrência, esta calculada com base na função matemática de GUMBEL. A recorrência das cotas máximas em Novo Porto Taquara, foi atualizada com base na mesma função para o período de 1974-2013.

A definição da cota de referência para as inundações na planície foi feita por Terezan (2005) que utilizou como referência altimétrica regional materializada, a RN 2035-C do IBGE, situada no município de Ivaté, próxima à margem esquerda do rio Ivaí. A partir deste referencial, foram definidas posições altimétricas dos pontos levantados no campo por nivelamento geométrico e trigonométrico, realizado por meio de GPS de precisão, estabelecendo-se a cota de 9,00m como referência para o início da inundação.

A estação de referência para definição das cotas de inundação é a de Novo Porto Taquara (Figura 11 A), identificada pelo número 94693000, a qual conta com equipamentos de monitoramento automático como pluviômetro e ecobatímetro, nos quais os dados são coletados e transmitidos para uma estação coletora. Também possui um responsável pelos registros das cotas da régua fluviométrica instalada junto à estação.

Como referência para as variações dos níveis do rio Paraná foram utilizados dados da Estação de Porto Caiuá, localizada no rio Paraná (Figura 11 B) quase junto à foz do rio Ivaí, identificada pelo número 64618500, a qual também possui monitoramento automático e leituras diárias feitas por um responsável.

Na foz do rio Ivaí a 800m da confluência com o rio Paraná, foi instalado um conjunto de réguas (Figura 11 C), visando estabelecer os possíveis controles de barramento que ocorrem na confluência entre os rios Ivaí e Paraná. Para instalação das réguas foi utilizada

como referência a estação de Novo Porto Taquara que possui leituras realizadas diariamente às 7:00h e às 17:00h e um conjunto de réguas da Itaipu localizadas próximas a foz.



Figura 11: Estações de referência para definição de cotas de inundação e verificação de controles de barramento.

A: Estação Novo Porto Taquara, localizada no rio Ivaí a aproximadamente 70km da foz, coordenadas (23°11'58" S e 053°18'56" W);

B: Estação Caiuá, localizada no rio Paraná, próximo a confluência do Ivaí, coordenadas (23°16'00" S 053°42'45" W);

C: Régua instalada no rio Ivaí, localizada próximo a confluência com o rio Paraná, coordenadas (23°18'05" S e 053°41'23" W).

Fonte: Douhi, N. (2011).

II. 4 LEVANTAMENTO DOS SISTEMAS DE CONTROLE DE ENCHENTES E DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS

A identificação dos sistemas de controle de cheias (Naturais e Antrópicos) baseou-se em estudos como os realizados por Santos *et al* (2008b) que definem as características morfológicas da planície aluvial do rio Ivaí, identificando e descrevendo os diques marginais, Fugita (2009) que destaca os controles estruturais presentes na bacia, estudos de Franco (2007) e Stevaux *et al.* (2009) que fazem uma análise detalhada sobre o sistema de fluxo na zona de confluência, sua dinâmica morfológica, além de terem proposto um modelo de evolução morfológica da planície, destacando que as causas prováveis para essa evolução estão associadas à dinâmica neotectônica e paleoclimática. Outros autores como Biazin (2005), Barros (2006) e Moraes (2010) que desenvolveram estudos na área de confluência dos rios Ivaí-Paraná, também trazem contribuições significativas para a identificação e interpretação dos sistemas de controle.

A identificação dos sistemas de controle antrópicos das inundações resultam de várias incursões realizadas em campo, onde foram feitos registros fotográficos de localização e medições espaciais. A maioria das intervenções está vinculada às obras de engenharia como diques de proteção às inundações e canais de drenagem que funcionam integrados com sistemas de comportas, localizados nas margens do rio Ivaí. Também foram identificadas as principais formas de intervenção e usos do solo na planície de inundação, registrando os impactos presentes na área, como o desmatamento, os processos erosivos, poluição da água por resíduos da rizicultura, ausência da mata ciliar, entre outros.

Para elaboração do mapa de uso do solo, buscou-se embasamento na classificação supervisionada e interpretação de imagens de satélite LANDSAT 5 e 7 e CBERS 2B, além do uso de informações do *Google earth*, principalmente para identificação de informações mais detalhadas, como a delimitação da mata ciliar, construção de diques, áreas de cultivo de arroz irrigado, etc.

II. 5 CARTOGRAFIA DAS ÁREAS INUNDÁVEIS

A metodologia utilizada na cartografia das áreas inundáveis foi proposta por Lambert (1990) e posteriormente detalhada e sistematizada por Lambert *et. al.* (1998) e Lambert & Prunet (1999) e é conhecida como “Método Hidrogeomorfológico”. Baseia-se na análise das características morfológicas, sedimentológicas e uso da terra, identificando o leito de margens plenas, médio e planície de inundação ou de várzea respectivamente, com o registro cartográfico das inundações mais frequentes e excepcionais. É, portanto, essencialmente, uma abordagem qualitativa, que leva em consideração também as mudanças induzidas pelo homem.

Meurer (2004) aplicou essa metodologia no mapeamento das áreas inundáveis do rio Paraná, no trecho entre os rio Paranapanema e Ivinhema, obtendo resultados importantes sobre a dinâmica do rio Paraná. O autor ainda destaca que os principais diferenciais dessa metodologia são:

- a) **Uso de dados de cotas** – A grande maioria dos métodos de predição de cheias, atualmente em uso, trabalham com dados de vazão. Ao contrário destas metodologias, Lambert (1990) recomenda a utilização dos dados de cotas, por considerar que estes valores são de melhor compreensão por aqueles que não detêm maiores conhecimentos hidrológicos;
- b) **Consideração dos aspectos físicos da paisagem** – Ao realizar os estudos de predição de cheias, as metodologias atualmente em uso levam em consideração somente os dados provenientes das estações fluviométricas, que são analisados a partir da utilização de modelos estatísticos. De forma diferenciada, os procedimentos propostos por Lambert (1990) levam em consideração os aspectos físicos da paisagem, atuais e herdados, com especial atenção ao viés da geomorfologia fluvial;
- c) **Expressão espacial das cheias** – Poucos são os estudos sobre cheias que apresentam como resultado uma representação espacial dos eventos observados. A proposta de Lambert (1990) centra-se justamente na cartografia das áreas inundáveis, ou seja, a expressão espacial das cheias é o cerne desta metodologia.

Na primeira etapa do mapeamento das áreas inundáveis da planície de inundação do rio Ivaí foram elaboradas a representação topográfica, com digitalização de cartas topográficas e a elaboração de um modelo digital do terreno (MDE), com auxílio de imagens LANDSAT 5 e dados SRTM. Esse modelo foi gerado utilizando os vetores de drenagem,

pontos cotados e curvas de nível da planície de inundação com equidistância de 5 metros, compiladas a partir do Diagnóstico do Baixo Curso do Rio Ivaí, realizado pelo consórcio THEMAG-PROENSI (1984), para COPEL.

A delimitação das áreas inundáveis foi realizada com base no MDE e na classificação visual das imagens LANDSAT contendo os registros das cheias mais expressivas, associando-as aos níveis registrados na estação fluviométrica de Novo Porto Taquara (Tabela 2).

Cabe ressaltar que as cotas correspondentes aos dias de obtenção das imagens, nem sempre correspondem às cotas de inundação, porém, considerando o intervalo das maiores cotas, permitem identificar os limites inundados, principalmente, por haver uma permanência da água de inundação por vários dias até a efetiva drenagem da planície de inundação.

Tabela 2: Imagens LANDSAT utilizadas para definição dos limites espaciais das inundações.

Referência da Imagem	Data	Nível em Novo Porto Taquara	Cota Máxima do período
LANDSAT 4 LM 223/076	15/06/1983	N/CONSTA/Aprox. 8,00m	01/06/1983 Aprox. 14,00m
LANDSAT 5 TM 223/076	18/06/1987	9,80m	24/05/1987 12,27m
LANDSAT 5 TM 223/076	11/09/1989	7,71m	12/09/1989 10,06m
LANDSAT 5 TM 223/076	08/10/1993	9,12m	04/10/1993 12,59m
LANDSAT 5 TM 223/076	02/11/2005	8,50m	01/11/2005 9,05m
LANDSAT 5 TM 223/076	05/03/2007	4,41m	27/02/2007 5,35m
LANDSAT 5 TM 224/076	24/02/2007	4,75m	27/02/2007 5,35m

Fonte: Douhi, N. (2012).

Para aferição dos resultados foram realizadas verificações *in loco*, visando a identificação de marcas das inundações em troncos, postes e paredes (Figura 12), depósitos de sedimentos recentes, além de entrevistas com moradores locais que já vivenciaram situações de inundação.

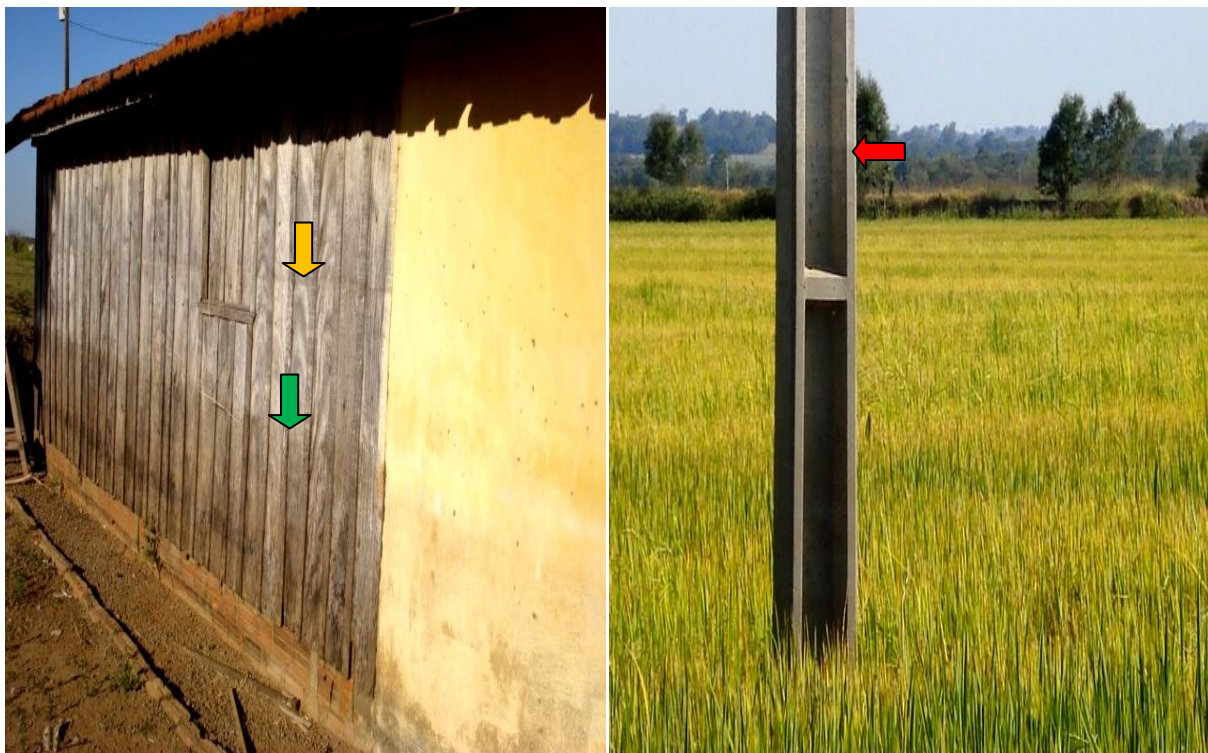


Figura 12: Identificação de marcas dos níveis de inundação em algumas áreas da planície de inundação, servindo de subsídio para definição dos limites atingidos.
Fonte: Douhi, N. (2011).

CAPÍTULO III – ANÁLISE CLIMÁTICA DA BACIA DO RIO IVAÍ

III. 1 DINÂMICA ATMOSFÉRICA E VARIABILIDADE INTERANUAL

A busca pelo entendimento das variações climáticas e dos mecanismos de controle que definem ritmos climáticos e eventos episódicos tem sido almejada desde a antiguidade, porém são recentes as sistematizações que permitiram classificar e entender melhor os climas.

A evolução dos estudos em Climatologia registrou notáveis avanços quando engendrou a análise da dinâmica do ar e evidenciou a necessidade do tratamento dos fenômenos atmosféricos, que ocorrem de forma eventual ou episódica, pois observou-se que são estes os que causam maior impacto às atividades humanas em geral (MENDONÇA & DANNI OLIVEIRA, 2007, p. 11).

A condição climática de uma determinada região é resultante de uma série de fatores que agem de forma conjunta e que produzem características específicas. Para Nimer (1979) o clima de uma região é determinado por elementos estáticos como a latitude, altitude, continentalidade, radiação solar e outros fatores dinâmicos, caracterizados por influências de massas de ar que cobrem uma região.

Para Ayoade (1986) as variações de temperatura e principalmente a precipitação pluvial são elementos importantes para serem analisados, por meio de seu acompanhamento é possível caracterizar as estações seca e úmida. A análise pluviométrica também possibilita caracterizar ciclos anuais, predominância de intensidades, fenômenos de influência como *El Niño* e *La Niña*, entre outros.

Monteiro (1999) atenta que para entendimento das condições climáticas dos lugares, não devemos restringir-se às medidas dos elementos e ao estabelecimento de parâmetros “amaciados” nos valores médios. Há que se considerar que não podemos ignorar o que as oscilações climáticas oferecem em situações extremas, acidentais e catastróficas, que por não serem tão habituais causam impactos e significam riscos, riscos que nem sempre são mensurados.

A variabilidade interanual (ENOS), que compreende um fenômeno de teleconexão oceano-atmosfera, e faz parte de uma variação irregular das condições normais do oceano e atmosfera na região do Pacífico tropical, afeta o tempo e o clima em diversos lugares do globo terrestre, ensina Cane (2001). Esta variabilidade exerce uma grande influência na região em

estudo. Segundo Nery *et al.* (1998) este evento afeta de maneira diversa o norte, o nordeste, e o sul do Brasil, ocasionando secas na Amazônia e no nordeste; e chuvas no sul, na fase positiva do fenômeno, enquanto que na fase negativa (*La Niña*) ocorre o contrário.

Segundo Tedeschi (2008) as quantidades médias mensais ou sazonais da precipitação também são dependentes da frequência de eventos extremos de precipitação, portanto, espera-se que a frequência de eventos extremos de chuva seja modulada pelo ENOS em alguns locais. Entretanto, isso não significa que regiões que sofrem a influência do ENOS sobre a precipitação mensal e sazonal sofrerão necessariamente influência sobre a frequência e intensidade dos eventos extremos.

Os registros do fenômeno ENOS na região Sul e suas influências foram estudadas por Streck (2011), (Tabela 3) nos quais foram detectadas elevações das temperaturas mínimas do outono, inverno e primavera em períodos de *El Niño*. Essas elevações na temperatura podem provocar desequilíbrios ecológicos e perdas na agricultura de regiões subtropicais, pois tem efeitos negativos na acumulação de horas de frio para quebra de dormência de frutíferas caducifólias, como o pessegueiro e a macieira, e na taxa de sobrevivência de insetos pragas de culturas de verão.

No Paraná têm sido registradas significativas anomalias positivas e negativas das precipitações associadas aos períodos de manifestação do fenômeno ENOS, principalmente nas manifestações de maior intensidade. Essas anomalias ocorrem tanto na fase positiva quanto negativa do fenômeno. Nessas circunstâncias ocorrem perdas na produção e na qualidade dos produtos agropecuários causadas por falta ou excesso de chuvas, além de danos à infraestrutura em períodos muito chuvosos quando são registrados alagamentos e inundações de maior magnitude.

Tabela 3 – Classificação (CL), intensidade (I), duração em meses (D), período de ocorrência do fenômeno ENOS (mês-mês), estatísticas descritivas [média (M) desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV em %) e valores mínimos (Min.) e máximos (Máx.) absolutos da temperatura de relva (°C)], em Santa Maria (RS), no período de 1970-2009 em cada evento e ano do fenômeno ENOS, segundo Streck, N. A. et al. (2011).

Ano	CL*	I*	D	Período	M±DP	Mín.	Máx.	CV
1970-1971	LN	M	12	07-06	10,5±6,9	-8,4 (17/06/71)	24,0 (24/01/71)	65,9
1971-1972	LN	f	7	07-01	12,4±5,4	-4,3 (02/07/71)	25,5 (19/12/71)	43,8
1972-1973	EN	F	11	05-03	12,8±6,1	-4,5 (04/08/72)	24,6 (06/01/73)	48,0
1973-1974	LN	M	15	05/73-07/74	11,4±6,2	-4,6 (13/06/74)	23,2 (05/02/74)	54,4
1974-1975	LN	f	10	09-06	11,2±6,0	-4,8 (09/08/74)	24,0 (15/02/75)	53,5
1975-1976	LN	M	11	07-05	11,2±5,6	-6,4 (30/06/76)	24,8 (13/01/76)	50,3
1976-1977	EN	f	6	09-02	11,4±6,6	-7,9 (10/07/76)	22,4 (09/01/77)	57,5
1977-1978	EN	f	6	09-02	10,8±7,0	-7,6 (06/06/78)	23,9 (27/07/77)	64,5
1978-1979	N	-	-	-	10,8±6,2	-6,4 (15/06/79)	21,6 (26/11/78)	57,8
1979-1980	N	-	-	-	12,4±6,4	-7,0 (04/06/80)	24,8 (11/04/80)	51,4
1980-1981	N	-	-	-	11,4±6,7	-7,6 (31/07/80)	21,6 (12/02/81)	58,4
1981-1982	N	-	-	-	11,4±6,0	-4,8 (29/05/82)	26,8 (09/09/81)	52,7
1982-1983	EN	F	14	05/82-06/83	12,4±6,3	-8,2 (06/06/83)	25,1 (26/08/82)	51,0
1983-1984	N	-	-	-	12,3±7,1	-5,4 (28/06/84)	26,4 (29/08/83)	57,4
1984-1985	LN	f	12	10-09	11,0±6,5	-6,2 (26/08/84)	25,2 (07/01/85)	58,9
1985-1986	N	-	-	-	11,9±6,0	-7,0 (11/07/85)	23,5 (17/01/86)	50,6
1986-1987	EN	M	10	09-06	11,1±6,8	-7,4 (24/06/87)	23,2 (14/09/86)	60,8
1987-1988	EN	M	8	07-02	10,6±6,9	-6,0 (02/06/88)	22,6(16/07/87 e 18/01/88)	64,7
1988-1989	LN	F	13	05/88-05/89	11,0±6,1	-5,8 (11/07/84)	24,0 (24/08/88)	55,5
1989-1990	N	-	-	-	11,3±6,9	-6,4 (06/07/89)	22,0 (30/01/90, 08/02/90 e 11/02/90)	61,2
1990-1991	N	-	-	-	11,7±6,5	6,6 (28/07/90 e 29/08/90)	23,6 (28/05/91 e 29/05/91)	55,2
1991-1992	EN	M	-15	05/91-07/92	12,7±5	-7,0 (14/07/91)	28,6 (15/10/91)	50,9
1992-1993	N	-	-	-	11,3±6,6	-7,2 (02/08/92)	23,0 (02/01/93)	58,4
1993-1994	N	-	-	-	11,6±6,4	-7,0 (16/07/93)	23,6 (25/01/94)	55,3
1994-1995	EN	f	9	07-03	12,1±6,4	-6,0 (11/07/94)	23,0 (21/07/94, 05/01/95 e 17/01/95)	53,2
1995-1996	LN	f	7	09-03	11,9±6,7	-7,4 (05/08/95)	23,8 (27/07/95)	56,8
1996-1997	N	-	-	-	11,5±6,8	-6,0 (05/07/96)	23,4 (29/01/97)	58,6
1997-1998	EN	F	12	05-04	12,6±6,1	-3,2 (05/08/97)	25,8 (19/08/97)	48,5
1998-1999	LN	M	12	07-06	12,3±5,3	-3,0 (06/06/99)	21,6 (07/02/99)	43,6
1999-2000	LN	M	12	07-06	12,4±5,6	-3,4 (15/08/99)	23,8 (31/08/99)	45,3
2000-2001	LN	f	5	10-02	12,8±6,9	-6,5 (14/07/00)	25,4 (30/12/00)	54,1
2001-2002	N	-	-	-	13,5±5,7	-5,2 (25/06/02)	26,2 (30/03/02)	42,2
2002-2003	EN	M	11	05-03	13,1±5,8	-1,2 (12/07/02)	23,8 (09/02/03)	44,2
2003-2004	N	-	-	-	12,0±6,1	-5,8 (12/07/03)	22,6 (05/02/04)	50,8
2004-2005	EN	f	8	07-02	12,4±5,8	-6,2 (11/07/04)	23,4 (31/01/05)	46,6
2005-2006	N	-	-	-	12,2±6,0	-3,2 (23/05/06)	24,4 (16/01/06)	49,2
2006-2007	EN	f	6	08-01	13,0±6,7	-4,8 (02/08/06)	24,4 (09/08/06)	51,2
2007-2008	LN	M	10	08-05	-	-	-	-
2008-2009	N	-	-	-	12,0±5,7	-3,2 (03/06/09)	25,4 (03/09/08)	47,8
El Niños					12,1±6,4	-5,8	24,2	53,4
La Niñas					11,6±6,1	-5,5	24,1	52,9
Neutros					11,8±6,3	-5,9	23,9	53,8

Legenda: (*) EN - El Niño, LN – La Niña, N – Neutro, M – Moderado, F – Forte, f - Fraca

Nota-se que os eventos possuem uma grande variabilidade anual, interanual e de intensidades, sendo difíceis as previsões de sua ocorrência e de seus efeitos, embora já existam alguns modelos sendo desenvolvidos, com razoável previsibilidade.

Segundo Trenberth (1997) a maioria dos eventos de *El Niño* começa entre março e setembro e o término ocorre principalmente no período de fevereiro a março. Isso permite identificar como período de transição o verão e a fase de maior atuação, o inverno, porém ainda não é possível estabelecer um padrão que permita um planejamento das atividades que são afetadas pelo fenômeno.

O conhecimento das influências dos sistemas macro no comportamento climático das regiões e de suas particularidades é de suma importância para compreensão das variações climáticas regionais e consequentemente, permitir um planejamento mais adequado das atividades econômicas, principalmente a agricultura. Esses sistemas atuam no Paraná por meio das massas de ar Polar Atlântica (MPa) e Polar Pacífica (MPp) e das Massas Tropical Continental (MTc), Tropical Atlântica (MTa) e Equatorial Continental (MEc), essa última com uma atuação menos expressiva, manifestando-se principalmente na primavera e no verão e pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

A Massa Polar Pacífica (MPp) provém do Pacífico Sul e avança para o continente pelo sul e sudoeste da Argentina. Quando seu ingresso se dá pelo sudoeste é obrigada a cruzar a cordilheira, produzindo chuvas abundantes nas montanhas, transformando-se em ar frio e seco. Atinge os Estados do Sul e Centro-Oeste do Brasil através da Argentina, Bolívia e Paraguai. A Massa Polar Pacífica (MPp) nas condições acima citadas, apresenta um baixo teor de umidade, associado às baixas temperaturas e aos elevados índices de pressão atmosférica à superfície. Essa massa quando atinge o Paraná, traz uma predominância de estabilidade atmosférica, garantindo um longo período de céu claro e ocorrência de geadas. Tem maior atuação nos períodos do outono e inverno, conforme Nery *et al.* (1992).

A Massa Polar Atlântica (MPa) chega ao sul do Brasil, percorrendo grande parte de sua trajetória sobre o Oceano Atlântico. Muitas vezes chega ao continente por meio da região meridional da Argentina, cruzando rapidamente em direção ao Atlântico. Possui temperatura baixa, sendo gradativamente alterada pela troca de calor com o oceano e mais acentuadamente, quando da presença da corrente marinha do Brasil. No seu percurso sobre o mar essa massa é carregada de grande teor de umidade, provocando frio e chuvas abundantes. Sua presença é predominante no período inverno/primavera. Cada uma dessas massas possui características distintas, dependendo de sua trajetória ao aproximar-se da região sul.

A Massa Tropical Continental (MTc) se forma na região do Chaco (Mato Grosso e Paraguai) e adquire todas as propriedades físicas e químicas deste local. Possui temperatura elevada e alto teor de umidade. Atinge seu maior predomínio no verão, sendo responsável pelas tormentas e aguaceiros locais muitas vezes acompanhados por granizo.

A Massa Tropical Marítima (MTm) é a que menos atua no Paraná, pois antes de atingir a região sul do país, quase sempre se mistura à massa polar atlântica, agravando as condições de tempo na faixa litorânea e serras vizinhas, indica Anunciação (1984).

A Massa Equatorial Continental (MEc) tem sua fonte na planície amazônica. É uma célula de divergência dos alísios – *doldrum* – que tende a manter-se durante todo o ano naquela zona. Trata-se de uma massa quente, de elevada umidade específica. No verão austral, atraída pelos sistemas depressionários (térmicos e dinâmicos) do interior do continente, tende a avançar do NW ora para SE ora para ESSE, de acordo com a posição da Frente Polar Atlântica. Outro aspecto importante da dinâmica atmosférica associada a (MEc) refere-se à ação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Ela resulta da intensificação do calor e da umidade provenientes do encontro de massas de ar quentes e úmidas da Amazônia e do Atlântico Sul na porção central do Brasil. Em geral, uma ZCAS estende-se desde o sul da região Amazônica até a porção central do Atlântico Sul, informam Mendonça & Danni Oliveira (2007).

A ZCAS exerce um papel preponderante no regime de chuvas na região onde atua, acarretando altos índices pluviométricos em chuvas torrenciais durante a primavera e verão. A ZCAS relaciona-se, muitas vezes, com uma situação de bloqueio; dependendo da sua localização e intensidade, ela pode ser associada a anomalias de precipitação, que provocam enchentes em regiões sob sua influência direta e ausência de chuvas no sul do Brasil, ensinam Calheiros & Silva Dias (1988).

Alguns fatores de caráter regional também têm contribuição nas características do comportamento climático da bacia, como: a latitude em torno de 25°S, o efeito da continentalidade na porção noroeste e o efeito orográfico na porção sudeste, representado pela Serra da Esperança que influencia no aumento das chuvas na época do verão.

Para Sant'Anna Neto (1998) somente a partir do amplo conhecimento da dinâmica climática, sua gênese e previsão podem ser minimizados seus efeitos negativos sobre as atividades humanas. Assim como possibilitam direcionar este conhecimento no sentido de encontrar um equilíbrio, aproveitando a sua variabilidade temporal para o planejamento econômico e a melhor convivência com a variabilidade climática.

III.2 - COMPORTAMENTO PLUVIOMÉTRICO NA BACIA

A análise do comportamento da “pluviosidade” na caracterização climática é de grande importância por ser o elemento climático de maior interferência no comportamento fluvial. Outros elementos climáticos como temperatura, predominância e velocidade dos ventos, insolação, etc., também são relevantes para uma análise climática detalhada, porém, não serão tratados neste trabalho.

O clima é, dentre os inúmeros elementos da paisagem que compõem as características ambientais de uma bacia hidrográfica, um de seus principais formadores. O conhecimento detalhado de sua dinâmica e das interações que mantém com os demais elementos do ambiente é uma contingência necessária para toda e qualquer atividade humana. A estreita relação existente entre os aspectos climáticos e as atividades agrárias, urbanas e industriais atesta a importância do conhecimento das condições climáticas para o gerenciamento de tais atividades (MENDONÇA, 1997).

Andrade (2002) e Baldo (2006) desenvolveram estudos sobre o clima da bacia do Ivaí especialmente do comportamento da pluviosidade, mediante análise de agrupamento dos totais anuais de pluviosidade com padrões de similaridade. O primeiro trabalhou com 19 séries de 111 postos meteorológicos espacializados na bacia e a segunda com 9 séries de 60 postos agrupadas em quatro grupos homogêneos. O período de análise corresponde aos anos de 1974 a 2001 e apresenta valiosas contribuições nos estudos do clima da bacia, principalmente na distribuição e caracterização da pluviosidade.

Nery *et al.* (1996) fazem referência às condições extremas de precipitação as quais provocam, numa determinada região, enormes perdas de produtos agrícolas, danos a infraestrutura e a propagação de impactos a quase todos os componentes das atividades econômicas. As precipitações extremas são comuns na bacia e embora mais concentradas espacialmente, são também as mais prejudiciais, por registrarem os maiores volumes pluviométricos em curtos intervalos de tempo. Uma forma de amenizar os problemas causados por esse tipo de ocorrência é dispor de diagnóstico para tais eventos.

Andrade & Nery (2002), Andrade (2003) e Baldo (2006) efetuaram análises da distribuição pluviométrica na bacia do rio Ivaí e concluíram que a distribuição temporal da precipitação pluvial nesta região está fortemente vinculada à ocorrência dos eventos *El Niño* e *La Niña*. A variabilidade pluviométrica na bacia apresenta uma correlação significativa com os períodos em que ocorreram tais eventos, (Tabela 4).

Tabela 4: Variação espaço-temporal da pluviosidade anual para bacia do rio Ivaí – PR.

Município	Nº	Nome do Posto	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Guairaça	1	Novo Matão																										
Querência do Norte	2	Icatu																										
Borrazópolis	3	Borrazópolis																										
Faxinal	4	Papuã																										
São Pedro do Ivaí	5	São Pedro do Ivaí																										
Rio Bom	6	Rio Bom																										
Marialva	7	São M. do Cambui																										
Cambira	8	Cruzeiro																										
Quinta do Sol	9	Quinta do Sol																										
Porto Bananeira	10	Floresta																										
E. Criação Estado	11	Paranavaí																										
Cianorte	12	Cianorte																										
Peabiru	13	Peabiru																										
Cianorte	14	Igarité																										
Terra Boa	15	Malu																										
Ourizona	16	Ourizona																										
Nova Esperança	17	Ivaítinga																										
Bernadelli	18	Rondon																										
Japurá	19	Japurá																										
Guaporema	20	Guaporema																										
Dep. José Afonso	21	Paranavaí																										
Copacabana do Norte	22	São Jorge do Ivaí																										
Comur	23	Planaltina do PR																										
Loanda	24	Sta. Isabel do Ivaí																										
Cruzeiro do Oeste	25	Cruzeiro do Oeste																										
Querência do Norte	26	Querência do Norte																										
Maria Helena	27	Maria Helena																										
Umuarama	28	Santa Eliza																										
Icaraima	29	Icaraima																										
Douradina	30	Douradina																										
Tapira	31	Tapira																										
Porto Taquara	32	Santa Mônica																										
Ivaí	33	Saltinho																										
Reserva	34	Barreiro																										
Reserva	35	Rio Novo																										
Lidianópolis	36	Ubá do Sul																										
Prudentópolis	37	Tereza Cristina																										
Ortigueira	38	Pinhalzinho																										
Pitanga	39	Pitanga																										
Barbosa Ferra	40	Barbosa Ferraz																										
Grandes Rios	41	Ribeirão Bonito																										
Pitanga	42	Arroio Grande																										
Boa Ventura	43	Carazinho																										
Faxinal Boa Vista	44	Prudentópolis																										
Cândido de Abreu	45	Barra Bonita																										
Nova Tebas	46	Nova Tebas																										
Ivaiporã	47	Alto Porã																										
Ariranha do Ivaí	48	Ariranha do Ivaí																										
Rio Branco do Ivaí	49	Ariranha do Ivaí																										
São João do Ivaí	50	Pouso Alegre																										
Cândido de Abreu	51	Cândido de Abreu																										
Campo Mourão	52	Salto Natal																										
Iretama	53	Iretama																										
Campo Mourão	54	Rio da Vargem																										
Barbosa Ferraz	55	Água Fria																										
Irati	56	Itapara																										
Maringá	57	Maringá																										
Prudentópolis	58	Relógio																										
Turvo	59	Turvo																										
Prudentópolis	60	Vila Esperança																										

■ Chuvoso
 ■ Tendente a chuvoso
 ■ Habitual
 ■ Tendente a seco
 ■ Seco

Fonte: Baldo, M. C. (2006).

Na análise comparativa entre os períodos de atuação do fenômeno ENOS e o comportamento pluviométrico da área em estudo, foi identificada uma maior influência nas ocasiões em que os intervalos de duração do fenômeno são maiores. Nas ocorrências em que o fenômeno apresenta períodos mais curtos, suas influências são pouco perceptíveis, principalmente nos totais anuais. Notam-se significativas anomalias positivas nos índices de

1982, 1983, 1992 e 1997, 1998 e anomalias negativas nos índices de 1978, 1985, 1988, 1991 e 1999, indicando uma forte correlação com o fenômeno ENOS, tanto em sua fase positiva (*El Niño*), quanto em sua fase negativa (*La Niña*).

Nos anos considerados anômalos geralmente ocorrem reflexos na produção agropecuária, representando perdas na qualidade e produtividade agrícola, na infraestrutura viária em casos de enchentes e consequentemente em todos os setores da economia que direta ou indiretamente estão vinculados, inclusive na arrecadação de tributos dos municípios.

Analisando o comportamento pluviométrico anual na bacia do rio Ivaí, Andrade (2003), Baldo (2006) e Douhi (2004) destacam que a distribuição sazonal das chuvas é um mecanismo importante para se identificar a existência ou não de períodos com déficit hídrico. Este fator interfere nas condições edáficas e no comportamento das águas superficiais, pois dependendo das condições de umidade do solo, sua capacidade de infiltração aumenta ou reduz, por conseguinte, os valores do deflúvio podem ser maiores ou menores para os mesmos valores pluviométricos. A distribuição pluviométrica é relativamente homogênea sazonal e espacialmente como mostra a (Figura 13).

Os períodos (outono, inverno), caracterizam-se por serem mais secos, no entanto, sem estiagens. Ocorre um ligeiro aumento da pluviosidade na primavera e no verão que se caracterizam como períodos mais chuvosos da região. Espacialmente ocorre uma grande homogeneidade na pluviosidade com correspondência sazonal em toda bacia. Verifica-se, porém, que os valores dos totais pluviométricos reduzem-se gradualmente de montante para jusante da bacia.

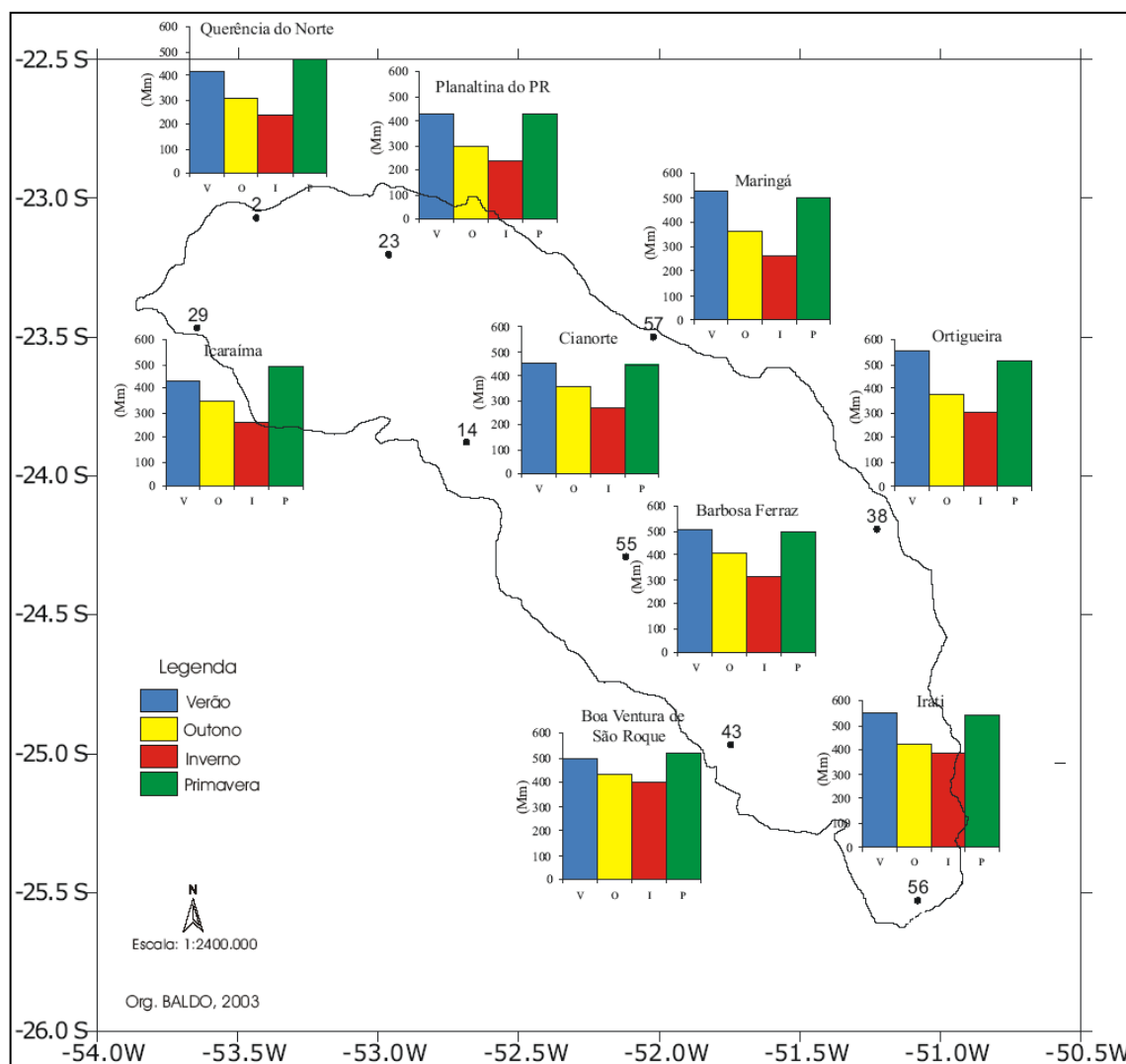


Figura 13: Média sazonal da precipitação para alguns postos da bacia do Ivaí – PR - período 1976 a 2001.

Fonte: Baldo, M. C. (2006).

A primavera e o verão apresentam as maiores amplitudes pluviométricas tendo os meses de janeiro e dezembro como mais chuvosos, e segundo Baldo (2006), nesta situação ocorre a formação das chuvas convectivas ou localizadas, que são dependentes de uma série de fatores, uns de ordem estática – como a altitude, cobertura vegetal a disponibilidade hídrica, posicionamento das vertentes, proximidade da área urbana – e outros de ordem dinâmica, propiciando uma situação sinótica de instabilidade que vai de uma escala regional a local.

Nos períodos do outono e inverno ocorre maior participação dos sistemas frontais polares, tornando a pluviosidade mais estável e com volumes menores, sendo os meses de junho, julho e agosto os mais secos da bacia do Ivaí.

Em análises do comportamento pluviométrico diário, feitas por Andrade (2003), com base em dados do período de 1974 a 2001, (Figura 14 A, B, C e D) a média de dias com precipitações foi de aproximadamente 100 para os anos com padrão normal. Nos anos de ocorrência de *El Niño* o número de dias com chuva chegou a 135 e nos anos com ocorrência de *La Niña* ficou abaixo de 100. Essa condição interfere diretamente no balanço hídrico da bacia e no comportamento fluvial, embora a intensidade das precipitações também seja um fator de grande relevância.

No que tange a distribuição dos dias com chuvas na bacia, as porções centro-sul e sudeste são as que tiveram mais ocorrências, tanto em anos normais, quanto com influência de *El Niño*. A porção noroeste é a que apresentou o menor número de ocorrências de chuvas para o período.

Em anos de *La Niña* a porção Sudeste sofre uma grande redução nos dias de chuva, apresentando características similares às da região noroeste da bacia.

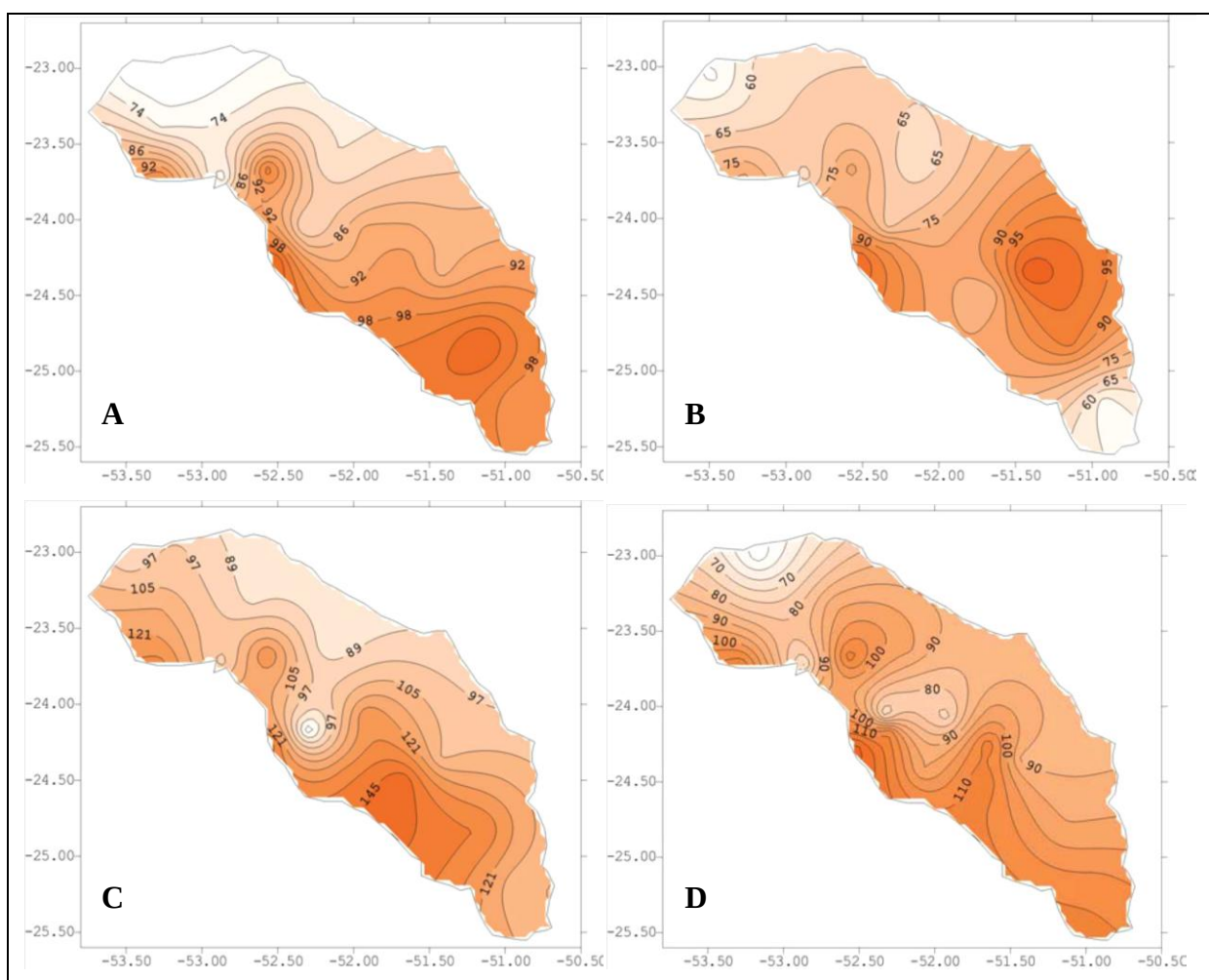


Figura 14: Relação entre comportamento climático padrão e anomalias climáticas positivas e negativas na bacia do rio Ivaí no período de 1974 a 2001.

A: Número de dias com precipitações/ano no período de 1974 a 2003;

B: Número de dias com precipitação em ano de *La Niña* - 1985;

C e D: Número de dias com precipitação em anos de *El Niño* – 1983 e 1997.

Fonte: Andrade, A. R. (2003).

Em relação aos valores totais de pluviosidade, a mediana para o período de 1974 a 2001 (Figura 15 A), demonstra que os valores mais expressivos concentram-se na porção centro-sul com diminuição gradual em direção à porção noroeste da bacia. Essa condição está associada a fatores de interferência local como a influência orográfica desempenhada pela Serra Geral.

Na análise da amplitude das precipitações mensais do período (Figura 15 B) fica clara a predominância dos eventos mais extremos na porção centro sul e sudeste, compreendendo a parte à montante da bacia. Os eventos de magnitude superior a 500mm mensais que foram registrados, tem grande impacto nas ocorrências de cheias e inundações do rio Ivaí, tendo em vista que o tempo de resposta do rio é rápido em função de ser uma bacia estreita e alongada, com declividades mais acentuadas na porção superior.

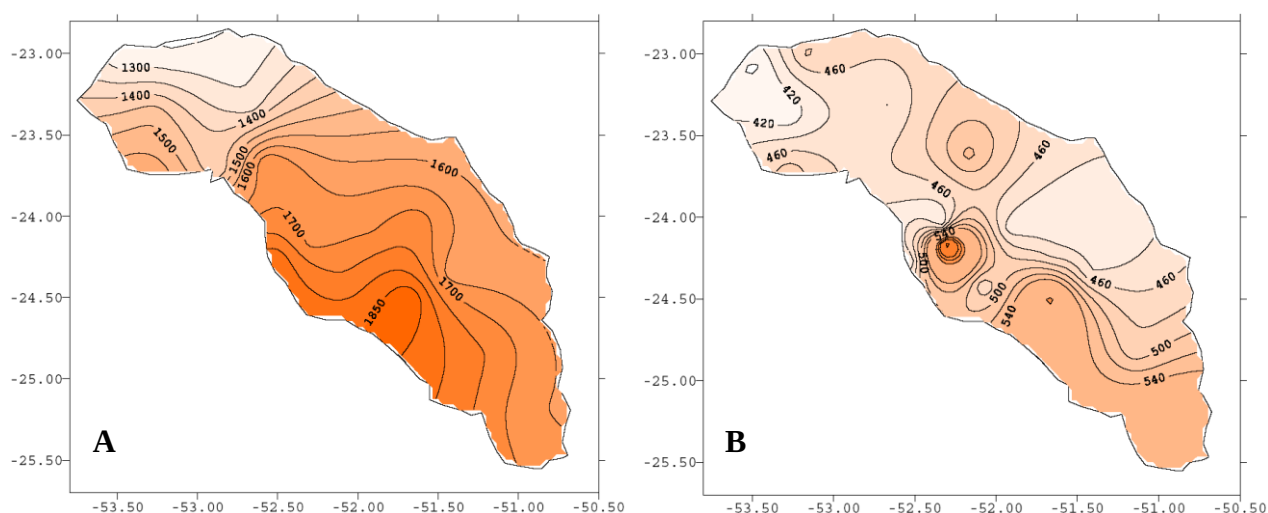


Figura 15: Mediana anual e amplitudes mensais das precipitações na bacia do rio Ivaí no período de 1974 a 2001.

A: Isolinhas da mediana total anual do período de 1974 a 2001;

B: Isolinhas da amplitude das precipitações mensais do período de 1974 a 2001.

Fonte: Andrade, A. R. (2003).

Trabalhando com uma bacia de pequena ordem (rio Xaxim) na porção superior da bacia do rio Ivaí, (Prudentópolis), Douhi (2004) analisou a distribuição diária das precipitações no período de 1988 a 2002, obtendo informações relevantes sobre o comportamento climático dessa porção da bacia. A série de dados pluviométricos foi atualizada até 2012, onde são identificados os meses de janeiro, dezembro e fevereiro como os que apresentam o maior número de dias com chuvas e os meses de agosto, maio e junho

como os de menor número de dias com chuvas. Observa-se que o número de ocorrências não é diretamente proporcional aos valores precipitados, (Figura 16) sendo que os meses com maiores médias são: janeiro, outubro e setembro e os meses com o maior número de precipitações são janeiro, dezembro e fevereiro.

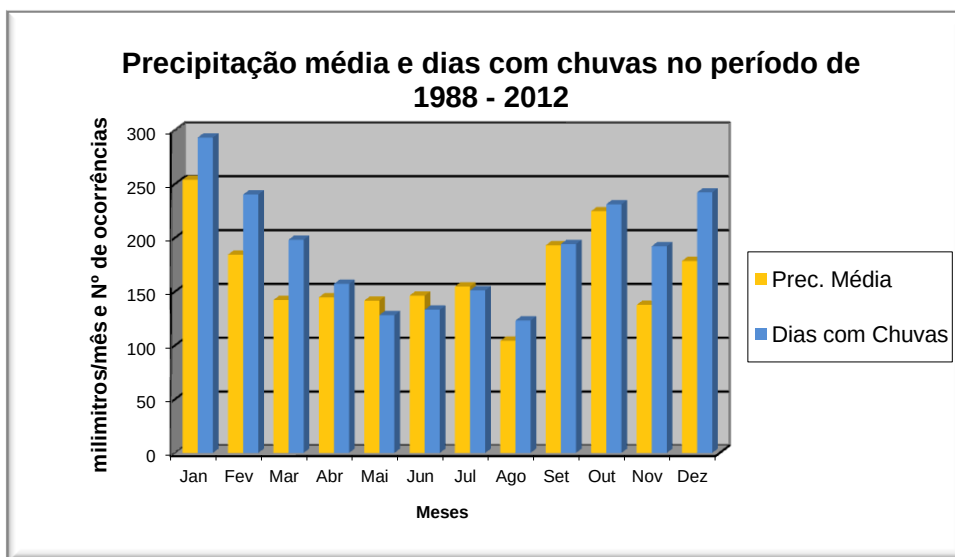


Figura 16: Relação entre precipitação média em milímetros e número de dias/mês com precipitações na cidade de Prudentópolis – PR. Período: 1988 a 2012.

Fonte: Douhi, N. (2004) com atualização até 2012.

Em relação à classe e frequência das precipitações, predominam na região chuvas com intensidades inferiores a 40mm, com a 84,17% do total das ocorrências registrados no período de 24 anos. Do ponto de vista hidrológico são os 15,83% das ocorrências de chuvas, com intensidades superiores a 40mm/dia e principalmente as superiores a 60mm/dia, que representam maior preocupação, pois normalmente superam a capacidade de infiltração dos solos, gerando o aumento do escoamento superficial e consequentemente da vazão dos rios, podendo ocasionar inundações.

Alguns pontos específicos relacionados à distribuição pluviométrica foram destacados nas análises, como:

- Os meses de janeiro, outubro e setembro respectivamente, se caracterizam como os mais chuvosos, com 41,44% do total acumulado a mais que o trimestre mais seco (abril, maio e agosto);
- Os meses de novembro, dezembro, fevereiro e março, apresentam mais que 65% das precipitações abaixo dos 20mm/dia, muito importantes no processo de infiltração e na recarga do lençol freático;

- Os meses de maio e junho apresentam precipitações bastante irregulares, com chuvas distribuídas em todas as classes. Destacam-se por apresentar mais de 20% das chuvas com intensidades superiores a 60mm/dia, oferecendo os maiores riscos à erosão e às ocorrências de cheias e inundações na planície de inundação do rio Ivaí. Esses meses também registraram as maiores precipitações mensais do período, com 591mm em maio de 1992 e 485mm em junho de 2013.

As características climáticas identificadas na bacia do rio Ivaí demonstram influências significativas de fenômenos de macro escala e regionais, que configuram a forma e distribuição das precipitações espacialmente e temporalmente. Destacam-se as elevadas precipitações em períodos de *El Niño* e a falta de sazonalidade nas ocorrências de eventos com precipitações intensas.

A porção que corresponde ao baixo Ivaí demonstra maior influência dos sistemas tropicais, tendo temperaturas mais elevadas, precipitações mais concentradas na primavera e verão e um suave déficit hídrico no inverno. Esses fatores exercem influência no comportamento fluvial e na orientação das atividades produtivas, principalmente àquelas culturas que são adaptadas a uma condição de menor umidade e temperaturas mais elevada, como a cana de açúcar.

CAPÍTULO IV – REGIME HIDROLÓGICO DO RIO IVAÍ

Conhecer a frequência com que ocorrem vazões de diferentes magnitudes, assim como o seu tempo de permanência no canal é relevante para que possam ser avaliadas as potencialidades de um sistema fluvial, necessárias na planificação de obras e usos. Além disso, o trabalho geomorfológico e a quantidade de material transportado são realizados por fluxos de magnitude variada, portanto, a estimativa da frequência pode ser correlacionada aos mesmos permitindo analisar a magnitude dos eventos envolvidos na formação de específicos fatores da paisagem, segundo Leopold *et al.* (1964).

Destefani (2005) ao analisar a distribuição média mensal das vazões, definiu que a delimitação de um período de cheia e de vazante para o rio Ivaí não é prática, pois se nota que os meses que caracterizam a ocorrência de cheia e vazante não são agrupados durante um semestre ou trimestre.

Para a região onde se insere a bacia hidrográfica do Ivaí, teoricamente o período sazonal padronizado para os sistemas fluviais seria de outubro a março, como período de cheia, e de abril a setembro como de vazante, mas para o rio Ivaí essa padronização praticamente não é válida. Apesar da variabilidade com que as vazões ocorrem, esse comportamento se mantém semelhante ao longo do tempo indicando um regime hidrológico estacionário sem expressivas mudanças (DESTEFANI, 2005, p. 48).

A distribuição das cheias do rio Ivaí, não possui períodos definidos de maior ocorrência, ou seja, períodos de vazante e de cheia podem ocorrer 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 não é capaz de manter fluxos próximos ao das vazões médias, fato que condiciona a ocorrência de extremos mínimos bem acentuados.

Segundo Leli (2010) a vazão média registrada nas estações de monitoramento do rio Ivaí apresenta um aumento gradual da magnitude à medida que aumenta a área de drenagem demonstrando um regime hidrológico regular, com correlação entre a vazão e a área da bacia bastante alta ($R = 0,99$), como mostra a figura 17.

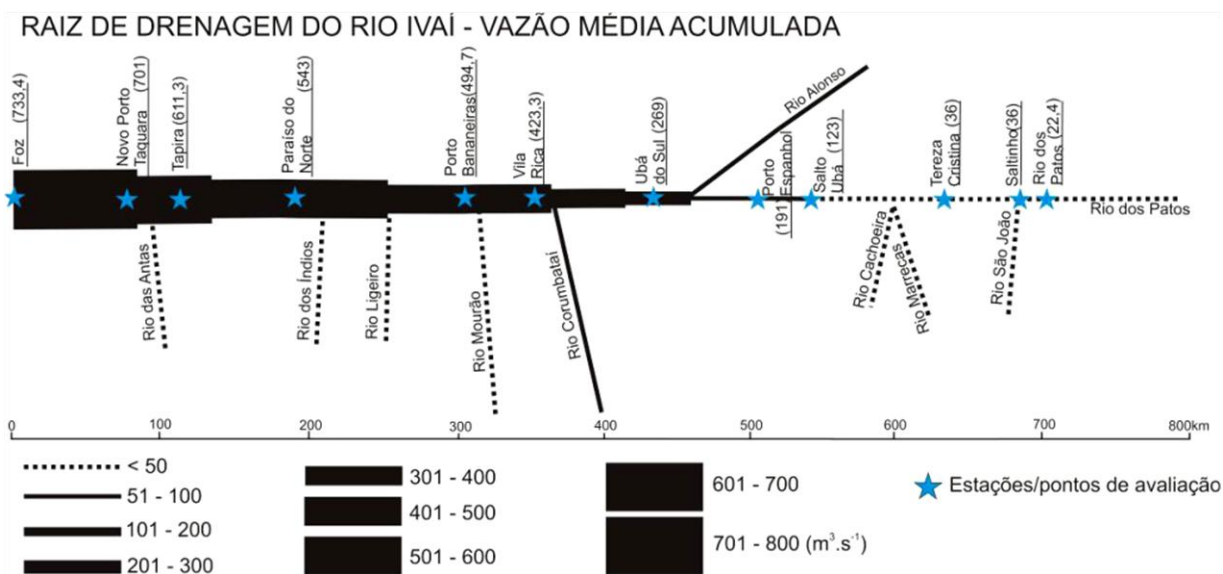


Figura 17: Raiz de drenagem mostrando a contribuição dos principais afluentes do rio Ivaí, a partir da vazão média acumulada.

Fonte: Leli, I. T. (2010).

Os afluentes de maior contribuição para o aumento das vazões e da carga sedimentar do rio Ivaí se encontram no médio curso, com destaque para os rios Alonso e Corumbataí. Isso se deve a grande área de drenagem que os dois afluentes apresentam e as condições topográficas e de uso que favorecem o escoamento e a produção de sedimentos.

A dinâmica das vazões mostra-se bastante oscilatória tendo forte influência das precipitações que são de grande intensidade, em certos períodos da geologia, que na porção média da bacia apresenta rochas de baixa permeabilidade e forte presença de lineamentos e dos solos pouco desenvolvidos e rasos na porção superior da bacia. As condições topográficas tem grande contribuição, com relevo mais dissecado e declividades mais acentuadas, principalmente no segmento médio e superior. As vertentes são curtas e nos segmentos médio e alto da bacia as declividades podem variar de 20 a mais de 40%. Essas características associadas à forma alongada da bacia (índice de compacidade = 1,64) (LELI, 2010, p. 49), se refletem num escoamento pluvial rápido e pronunciado até o canal do rio, determinando assim, o comportamento fluvial com picos de vazões agudos e de subida rápida.

Para analisar as oscilações das vazões Destefani (2005) utilizou o princípio apresentado por Christofolletti (1981), em que a determinação da curva de duração do fluxo é baseada na frequência das vazões para as diferentes magnitudes. Os resultados obtidos indicam a porcentagem de tempo em que as magnitudes das vazões são igualadas ou ultrapassadas, mostrando a duração do referido fluxo. Os resultados do comportamento das vazões do rio Ivaí estão sistematizados na tabela 5.

Tabela 5: Análise comparativa do tempo de permanência das vazões abaixo e acima da média nas estações de monitoramento do rio Ivaí.

Seções	Vazão Média	Condição em relação à média	Percentual (%)
Seção rio Dos Patos	21m ³ /s	Acima	35
		Abaixo	65
Seção Tereza Cristina	77m ³ /s	Acima	46
		Abaixo	54
Seção Porto Espanhol	200m ³ /s	Acima	40
		Abaixo	60
Seção Ubá do Sul	276m ³ /s	Acima	40
		Abaixo	60
Seção Vila Rica	431m ³ /s	Acima	46
		Abaixo	54
Seção Porto Bananeira	571m ³ /s	Acima	40
		Abaixo	60
Seção Porto Paraíso do Norte	599m ³ /s	Acima	44
		Abaixo	56
Seção Novo Porto Taquara	727m ³ /s	Acima	63
		Abaixo	37

Valores baseados em Destefani, E. V. (2005).

Os resultados da curva de duração, considerando como ponto de referência a vazão média, mostram que a seção mais próxima da nascente (seção Rio dos Patos) e a mais próxima da foz (seção Novo Porto Taquara) têm o predomínio da permanência de vazões entre as mínimas e as máximas respectivamente, o que é considerado normal, tendo em vista a contribuição da área de drenagem para ambas as seções. Para as outras seções não houve muita disparidade em relação ao tempo que as vazões maiores e menores que a média permanecem no canal, verificando-se que as vazões que permanecem maior tempo oscilam aproximando-se da média das estações.

Na seção de Novo Porto Taquara, estação que está localizada na planície de inundação e serve de referência para o estudo atual (Figura 18), em 63% do tempo as vazões permaneceram acima da média que é de 727m³/s e apenas em 37% do tempo foram registradas vazões abaixo da média. Comportamento padrão para maioria das bacias de clima úmido e que demonstra uma forte contribuição dos setores à montante da bacia.

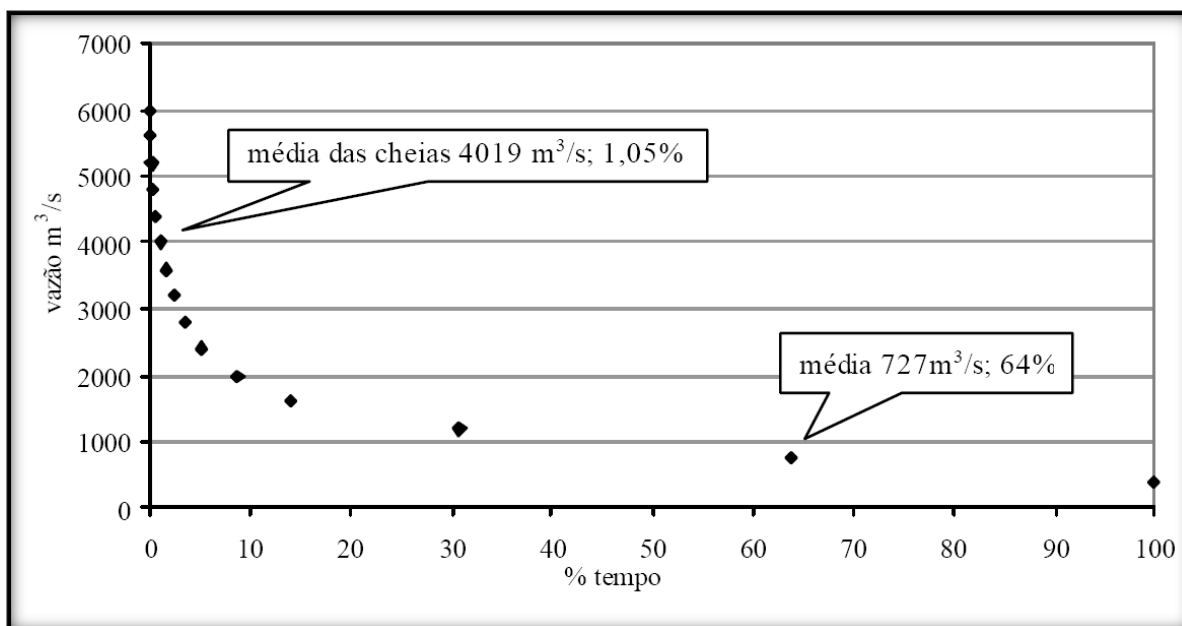


Figura 18: Curva de duração de fluxo na seção de Novo Porto Taquara e vazões média e média das cheias no período de 1974 a 2002.

Fonte: Destefani, E. V. (2005).

Paiva (2008) analisou o comportamento da curva de permanência das vazões de parte da bacia nos intervalos de 1974 a 1978 e 1984 a 1988 e identificou um sensível aumento do tempo de permanência das vazões máximas (+ 1,2%) e médias (+ 0,53%) e um aumento mais expressivo nas vazões de base (+ 6,8%), ou seja, o tempo de permanência das vazões mínimas diminuiu significativamente. Essa variação pode estar associada às mudanças promovidas nas técnicas de cultivo agrícola, com adoção de práticas conservacionistas, substituição de culturas e manejo do solo com cobertura vegetal, fatores que favorecem o armazenamento e o aumento do fluxo de base.

As mudanças verificadas por Paiva se justificam em parte pela implantação do Programa de Microbacias, instituído pelo Governo Estadual a partir dos anos 1980, no intuito de recuperar áreas fortemente atingidas por processos erosivos decorrentes da adoção de sistemas agrícolas intensivos.

De acordo com Bragagnolo & Pan (2001), as estratégias técnicas do programa envolviam a execução de terraços e da recomposição de matas ciliares, procurando aumentar a cobertura vegetal dos solos, ampliando assim, a infiltração de água no perfil do solo, diminuindo o escoamento superficial e promovendo o controle da erosão e da poluição.

Os estudos que apontam para um aumento do tempo de permanência das vazões de base refletem uma condição específica de um determinado período, porém, não há informações de intervalo maior e que representem as condições atuais da bacia do rio Ivaí,

além disso, outros fatores podem influenciar na curva de permanência das vazões, como o aumento das áreas urbanizadas e a intensidade e distribuição diária das precipitações. Sobre esse tema, Tucci (2000) estudando diversas bacias hidrográficas em situações urbanas e periurbanas concluiu que, na média para cada 10% da área da bacia impermeabilizada ocorre cerca de 100% de aumento no coeficiente de escoamento de cheia e no volume de escoamento superficial.

Essas variações no tempo de permanência das vazões e no comportamento, principalmente das vazões máximas, apontam para manutenção da ocorrência de cheias e por consequência das inundações, sendo, portanto, relevante o aprofundamento dessa investigação.

As informações ligadas ao comportamento das vazões máximas, associadas as características morfológicas da planície aluvial do rio Ivaí, são relevantes para definição dos limites inundáveis pelas respectivas vazões.

Na planície de inundação do rio Ivaí ocorrem patamares e diques marginais que variam entre 4 e 5 metros em relação ao nível da planície, principalmente na margem direita. Essas feições morfológicas são típicas de trechos de planície e servem como mecanismos de controle das inundações, como mostra o perfil transversal do rio Ivaí na seção de Novo Porto Taquara, figura 19.

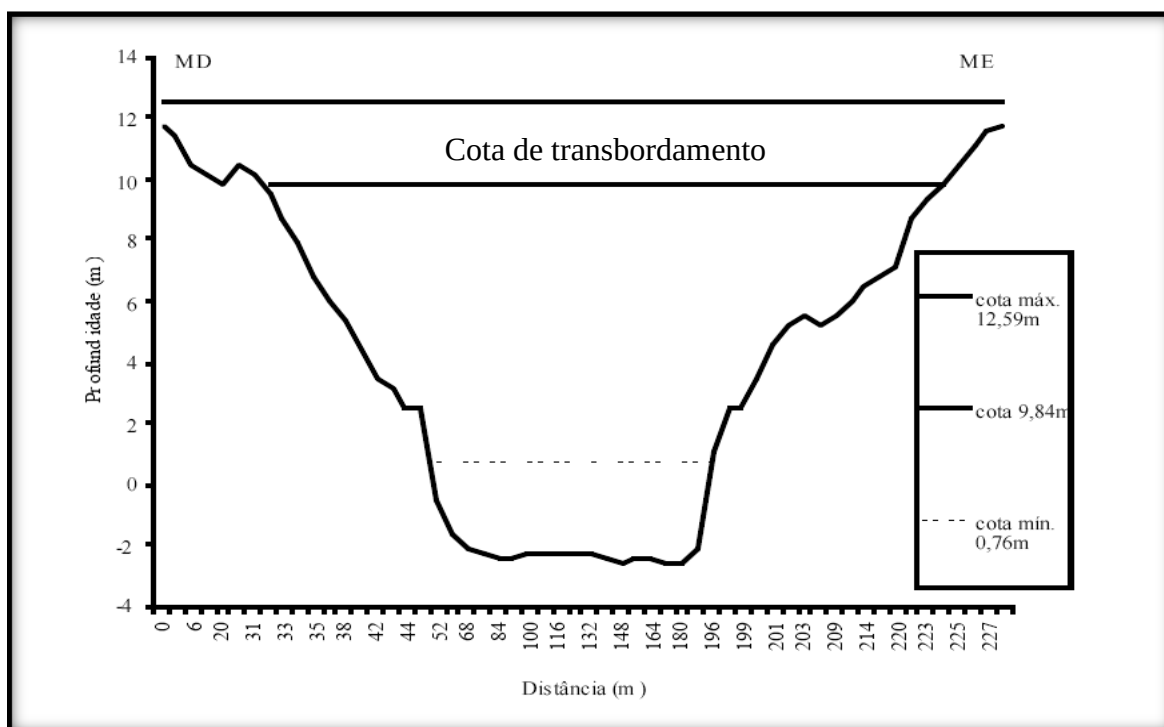


Figura 19: Perfil transversal e definição de cotas de transbordamento na estação de Novo Porto Taquara, ressaltando que a cota de transbordamento para os trechos mais à jusante é de 9,00m. Fonte: Destefani, E. V. (2005).

Os patamares e diques descritos acima foram definidos por Destefani (2005) com base na ruptura da curva da vazão na estação de Novo Porto Taquara, e segundo a autora, se houver o transbordamento das águas sobre o primeiro dique uma pequena quantidade de fluxo pode entrar na planície a cada 1,28 anos, mas seria uma inundação de pouca intensidade e de curta permanência, pois os níveis de subida e descida das águas são relativamente rápidos e não atingem grandes áreas da planície de inundação. Cabe ressaltar que a ocorrência e as características dos diques ao longo da planície de inundação são variáveis, exercendo o controle das inundações apenas em alguns trechos.

Em trecho mais à jusante da bacia, em estudo específico sobre os níveis de transbordamento, Terezan (2005) identificou a cota de 9,00m (referência o nível zero do rio) como limite para o início das inundações de áreas da planície de inundação do rio Ivaí, o que indica um nível mais baixo que o verificado na seção de Novo Porto Taquara. Neste caso, a frequência das inundações aumenta como mostra a figura 20.



Figura 20: Tempo de recorrência calculado com base nas cotas fluviométricas máximas registradas na estação de Novo Porto Taquara no período de 1974 a 2013.

Fonte: Douhi, N. (2013).

As cheias acima da cota de 12m apresentam-se como eventos raros e somente as cheias de 1983, 1987, 1990, 1992, 1993, 1998, 2002, 2009, 2011, 2012 e 2013 atingiram valores de cota que vão de 12 a 13,66m, sendo este último o valor da altura máxima registrada. Atingindo este nível as águas ultrapassam sobre o segundo dique na margem direita, causando grandes inundações. A cota máxima foi registrada pela cheia de 1992

quando a vazão alcançou $5132,40\text{m}^3/\text{s}$. Uma cheia extraordinária como esta tem uma recorrência a cada 69,2 anos, podendo, portanto, ser considerada como um evento bastante raro.

No ano de 1983 ocorreu possivelmente a maior cheia do período analisado, embora não haja registro na estação de Novo Porto Taquara, tendo em vista que as réguas foram arrancadas pelo rio durante a cheia. Os valores para referida cheia foram estimados numa cota de aproximadamente 14,00m com uma vazão de aproximadamente $5322,29\text{m}^3/\text{s}$, tendo uma recorrência de aproximadamente 200 anos. Estes valores foram obtidos por meio de cálculos de aproximação, tendo como referência os valores registrados na estação de Paraíso do Norte, localizada a cerca de 100km à montante de Novo Porto Taquara.

A cheia de 1983 pode ser considerada como um evento extremamente raro, com tempo de recorrência muito longo, porém, com efeitos bastante devastadores em função das grandes áreas inundadas e do tempo de permanência da água na planície de inundação.

Em junho de 2013, também ocorreu uma cheia com cota superior a 13,00m, no entanto, não houve registro das cotas em alguns dias, sendo registrada a maior cota no dia 27/06/2013, com o valor de 13,00m. Considerando os danos causados e as áreas inundadas durante esta cheia é possível inferir que este evento está entre os que provocaram as maiores inundações, podendo ser considerado como raro e com tempo de recorrência superior a 16 anos.

A análise da distribuição das variações dos níveis máximos registrados no período de 1974 a 2013 (Figura 21) demonstra não haver uma sazonalidade, tendo em vista que as cheias podem ocorrer em períodos descompassados e com grande variabilidade temporal e de intensidade. Há uma predominância das cotas entre 9,00m e 11,00m, com recorrências de até 2 anos. A cota de 9,00m apresentou uma ocorrência em 92,3% dos anos, representando uma recorrência de 1,11anos.

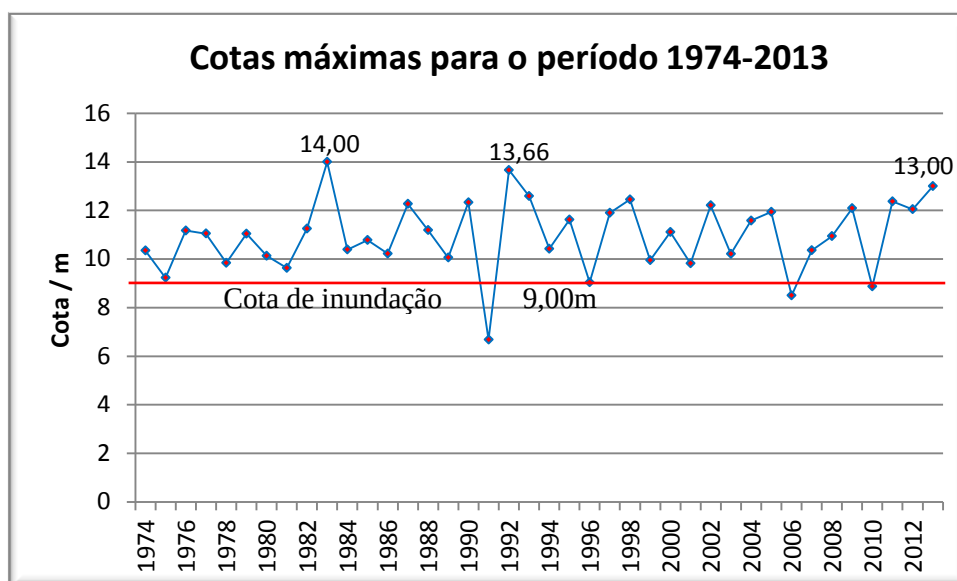


Figura 21: Variação dos níveis máximos anuais do rio Ivaí na estação de Novo Porto Taquara no período de 1974 a 2013.

Fonte: Douhi, N. (2013).

Conforme as ocorrências e as características das cheias registradas é possível inferir que há uma regularidade anual, embora em alguns anos da série a cota e inundação não tenha sido atingida. Em relação à abrangência espacial das inundações, a planície de inundação se caracteriza como pouco ativa, já que muitos eventos de cheia atingem cotas pouco expressivas, inundando áreas pequenas e com permanência de poucos dias.

As influências do fenômeno *El Niño* na variabilidade e intensidade das cheias e consequentemente nas inundações ficam evidentes nos anos em que o fenômeno é mais intenso, como em 1982-1983- 14 meses, 1987-1988- 18 meses, 1991-1992- 15 meses e 1997-1998- 12 meses. Nos demais períodos, mesmo com a ocorrência de *El Niño*, não há uma correspondência clara na ocorrência das cheias (Figura 22).

Segundo (Tedeschi, 2008, p. 151), “na realidade, parece haver maior impacto de ENOS sobre o extremo superior da distribuição de chuva diária e, portanto, sobre os eventos extremos, do que sobre os totais mensais e sazonais de precipitação”. Essa condição potencializa as ocorrências de vazões extremas, contribuindo para o aumento das inundações.

Os anos de 1990, 2009 e 2013, embora sem ocorrência de *El Niño*, apresentaram cheias expressivas, com inundações de extensas áreas e com permanência das cotas de inundação superior a 13 dias, demonstrando que o controle é fortemente influenciado pelas precipitações intensas e pela condição de rápido escoamento na bacia.

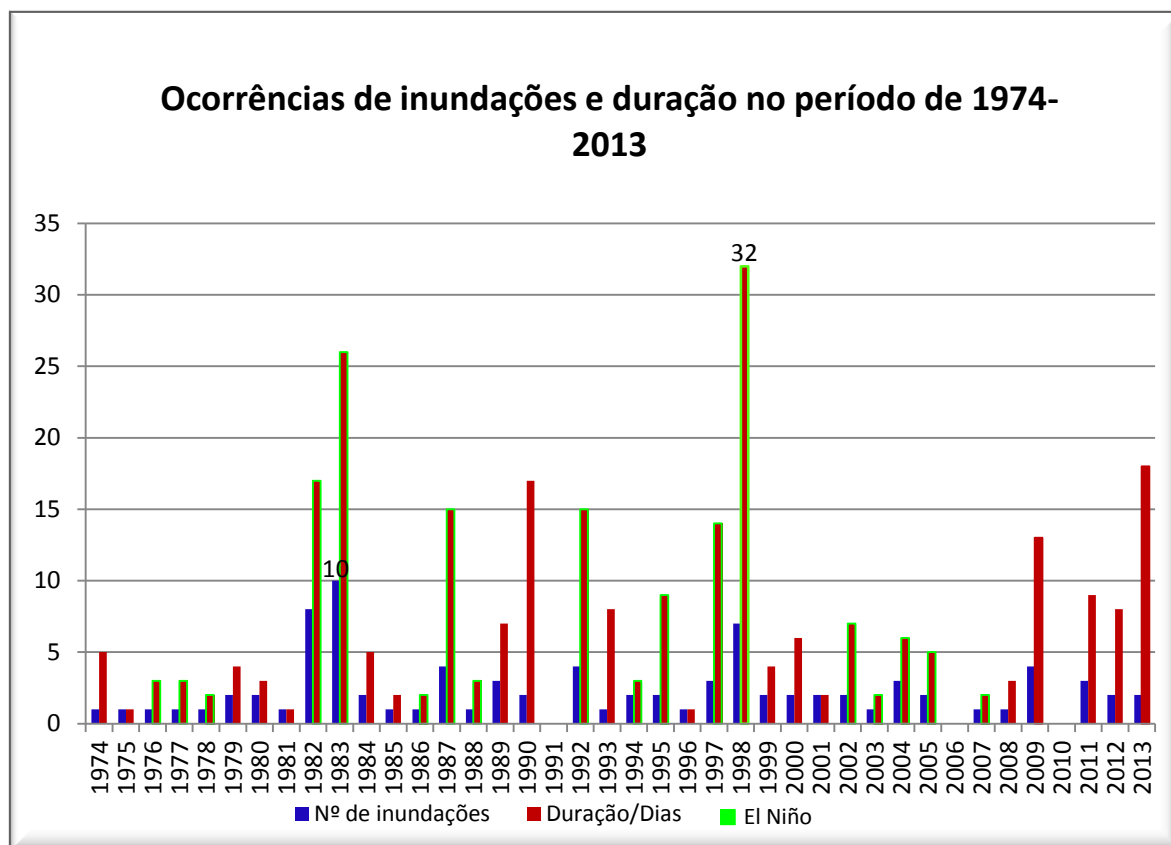


Figura 22: Cheias anuais do rio Ivaí no período de 1974 a 2013, com identificação do tempo de permanência acumulada das cotas de inundação e as ocorrências do fenômeno *El Niño*.

Fonte: Douhi, N. (2012).

As maiores cheias, com os maiores períodos de permanência das inundações, ocorreram em anos considerados anômalos com atuação do fenômeno *El Niño*. Os anos com as maiores ocorrências foram 1982, 1983 e 1998, quando foram registradas entre 7 e 10 cheias, chegando a somar mais de 30 dias de cheia durante um ano.

Fazendo uma análise da distribuição mensal das cheias (Figura 23), verifica-se que não há uma sazonalidade, porém é possível identificar os meses de maio, outubro, junho e janeiro como os que se destacam no número de ocorrências. Se comparadas as ocorrências mensais de cheias com os meses que apresentam as precipitações mais intensas é possível identificar uma correlação entre os meses com precipitações superiores a 60mm. Essa correlação evidencia um forte controle das cheias do rio Ivaí pelas precipitações de alta intensidade. Os fatores de maior implicação são o aumento do escoamento superficial decorrente da saturação dos solos e as respostas rápidas da bacia em função de sua forma alongada, com vertentes relativamente curtas com declividades acentuadas, principalmente nas porções mais à montante.

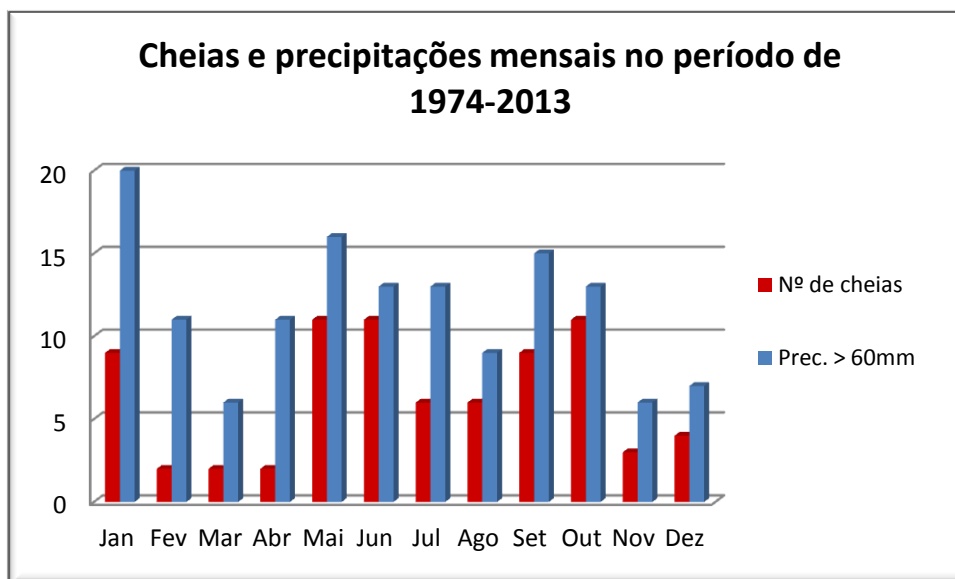


Figura 23: Distribuição mensal das cheias superiores à cota de inundação do rio Ivaí, no seu curso inferior, associadas às ocorrências de chuvas intensas, no período de 1974 a 2013.

Fonte: Douhi, N. (2013).

Os intervalos de permanência das cotas de inundação registradas na estação de Novo Porto Taquara, no período de 1974 a 2013 (Figura 24), demonstram um forte predomínio das cheias de curta duração, com cerca de 68% das cheias apresentando duração de até 3 dias, como já apontado em discussões anteriores.

As cheias com permanência das cotas de inundação de (4 a 7 dias) representam cerca de 26% e as de maior duração, com intervalos que superam os 10 dias, somam cerca de 6%, caracterizando-se em eventos de maior impacto, mas de baixa frequência.

As cheias com maior tempo de permanência das cotas de inundação e que configuram os eventos excepcionais estão associadas aos grandes volumes precipitados, normalmente em anos de anomalias positivas de *El Niño*. São estas que trazem os maiores impactos, tanto em termos de perdas na produção agropecuária e nos gastos com deslocamento, quanto com a reposição de bens e recomposição da infraestrutura.

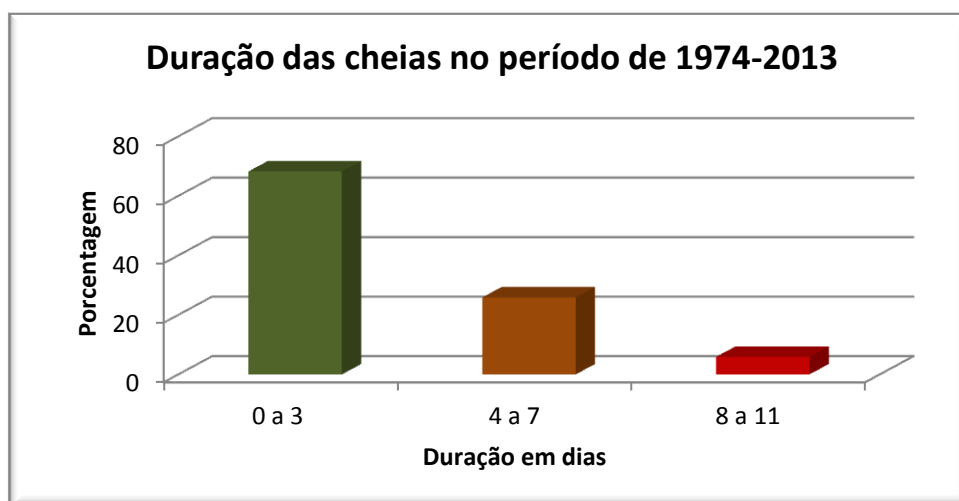


Figura 24: Intervalos de duração das cheias superiores à cota de inundação do rio Ivaí, no seu curso inferior, no período de 1974 a 2013.

Fonte: Douhi, N. (2013).

As cheias do rio Ivaí, embora apresentem certa regularidade anual, não apresentam um padrão de sazonalidade com inundação de áreas pouco expressivas, o que torna a planície de inundação pouco ativa, sem as condições adequadas para o desenvolvimento pleno de um sistema de conectividade entre o rio Ivaí e sua planície de inundação.

A ideia de conectividade foi definida por Neiff (1990) em uma perspectiva de evolução dos conceitos de “contínuo fluvial” em sistemas rio-planície de inundação e no próprio entendimento dos diferentes graus de dependência entre as variáveis hidrológicas e não hidrológicas. A conectividade constitui uma condição de transferência de organismos, matéria e energia entre o curso do rio e sua planície de inundação, condição que não é plenamente atendida pela dinâmica do rio Ivaí.

O referido autor destaca que o regime pulsátil de um rio está constituído pelo padrão de variabilidade das fases no espaço e no tempo, em relação ao nível de referência que constitui o limite a partir do qual a água começa a adentrar na planície aluvial. Os valores acima do nível de referência são considerados positivos e configuram as inundações ou (potamofase), período em que ocorrem os fluxos laterais de água, sedimentos e organismos desde o curso do rio até a planície de inundação e vice-versa.

De acordo com Junk *et al.* (1989) a regularidade nas flutuações de nível d’água ou dos pulsos de inundação periódicos, são responsáveis pelo controle dos sistemas de planície que se ligam aos corpos d’água por intermédio de uma zona úmida transicional, determinando comunidades de plantas e animais, produção primária e secundária e ciclo de nutrientes.

Os estudos atuais tem buscado um entendimento integrado numa visão hidrossistêmica, avançando no entendimento do rio como um ecossistema em que os fluxos

não são apenas unidirecionais das cabeceiras para a foz, mas incluem fluxos laterais que mostram a interação do canal com as margens e a planície (incluindo a fauna e a flora ripária), um fluxo vertical dentro do canal com integração da água subterrânea e a zona hiporréica, incluindo também uma variável temporal, representada pela dinâmica dos processos hidrogeomorfológicos e bióticos, como mostra a figura 25.

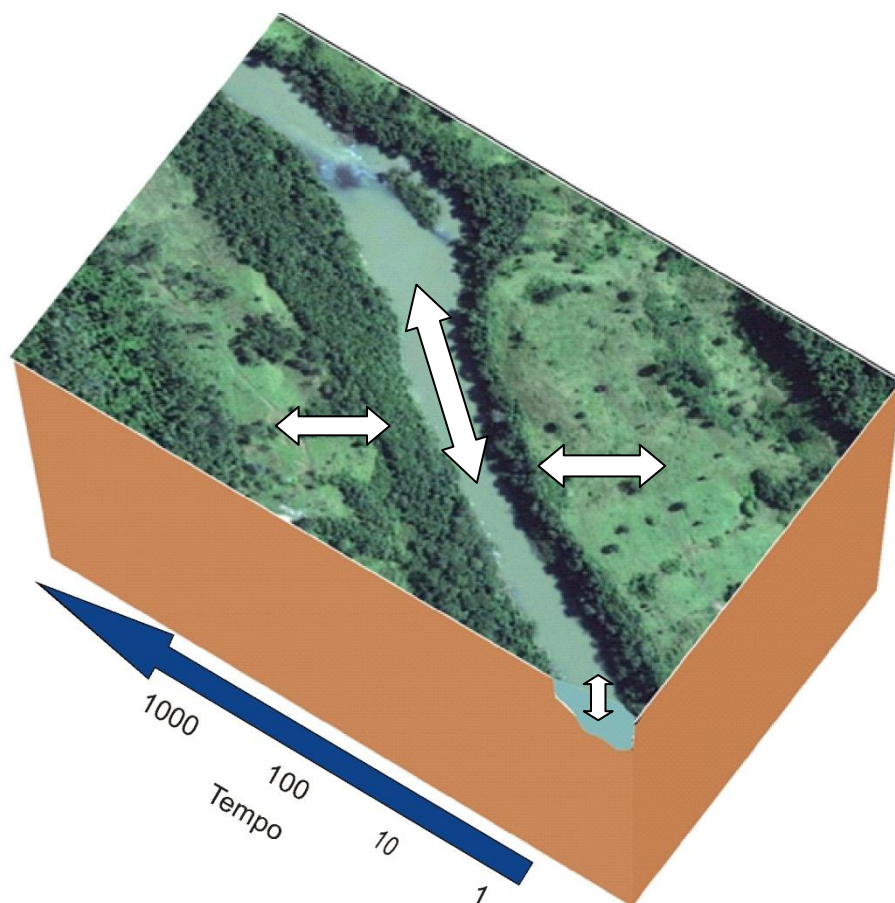


Figura 25: Representação esquemática da dinâmica hidrológica quadri – dimensional de um rio, demonstrando as variáveis que integram o sistema, sendo elas longitudinais, laterais, verticais e o tempo.

Fonte: Douhi, N. (2013).

O comportamento hidrológico do rio Ivaí, suas características morfológicas naturais e as intervenções humanas na planície de inundação contribuem para que este sistema não apresente um alto grau de conectividade em função dos poucos ambientes diretamente conectados e a pouca regularidade das cheias. Ainda assim é possível atribuir uma importância relevante às inundações para a manutenção dos ambientes e das espécies contidas nos mesmos.

Segundo Ward & Stanford (1995) a planície de inundação do sistema fluvial, isto é, a área ribeirinha do canal fluvial que está sujeita a inundações periódicas, possui uma importância fundamental na manutenção da diversidade de *habitats* lânticos, lóticos e semi-

aquáticos nas planícies aluviais, transformando-os em ambientes de grande riqueza de espécies. Thomaz *et al.* (1997) apontam que do ponto de vista ecológico, os eventos de cheia podem homogeneizar os ambientes e conectá-los. Enquanto os extremos mínimos que apresentam pouca atividade em relação à geomorfologia do canal, podem ser fatores limitantes para as espécies que necessitam da manutenção de água nos ambientes lênticos do ecossistema rio-planície de inundação.

É preciso considerar que a morfologia e o comportamento dos sistemas fluviais como é o caso do rio Ivaí, não derivam exclusivamente dos processos atuais e da dinâmica que estes estabelecem no sistema, mas de um produto evolutivo que vem se desenvolvendo, nos casos da maioria dos rios brasileiros, desde o início do Holoceno, conforme atesta Latrubesse *et al.* (2005). As variáveis do sistema fluvial possuem sensibilidades de tal forma que uma mudança introduzida no sistema pode acarretar em centenas e até milhares de anos para restabelecimento do seu equilíbrio. Assim, qualquer estudo que vise o prognóstico de transformações induzidas tanto por modificações naturais (variabilidade climática, neotectônica) como antrópicas (alteração no regime hidrológico por desmatamento, represamento) deve considerar as sensibilidades, a capacidade de resiliência e as relações entre as variáveis do sistema.

IV. 1 - PRODUÇÃO E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

A produção de sedimentos, suas características e condições de transporte e deposição são fortemente influenciadas pelo comportamento da pluviosidade, da rede de drenagem, da topografia e das demais condições naturais e de uso que ocorrem na bacia. Esses mesmos fatores têm forte implicação na erodibilidade das áreas, contribuindo para que certas áreas apresentem uma maior ou menor oferta de sedimentos.

Segundo Bigarella (2003), “a dimensão da bacia também interfere na produção de sedimentos, sendo maior por unidade/área nas bacias menores, onde as vertentes normalmente são mais íngremes, possibilitando o transporte de sedimento mais rápido e eficiente” (BIGARELLA *et. al.*, 2003, p. 907).

A carga sedimentar de um sistema fluvial tem relação direta com a geometria hidráulica do canal e quaisquer alterações envolvendo essa variável podem acarretar o desequilíbrio do perfil longitudinal do rio, da morfologia do canal e da planície, além de desequilíbrios dos ambientes fluviais.

Os estudos de Coelho (2007) em uma bacia hidrográfica de pequena ordem no Terceiro Planalto Paranaense, demonstram que as pequenas bacias produzem uma grande quantidade de sedimentos nos momentos de alta pluviosidade, em torno de 193 gramas/litro, este valor é cerca de 12 mil vezes maior do que os valores médios de concentração de sedimentos em suspensão para o rio Ivaí, conforme estudos propostos por Biazin (2005) e Kuerten (2006). Isso mostra a importância dos estudos em pequenas bacias e demonstra que o Terceiro Planalto tem uma grande contribuição na oferta de sedimentos para o sistema fluvial do rio Ivaí.

Segundo Bittencourt (1982) o transporte de sólidos na bacia do Ivaí é maior no quarto trimestre do ciclo anual o que configura o período de incremento das chuvas (na primavera), que associado à fase de preparação das terras para cultivo, contribui para o aumento da carga sedimentar oferecida ao sistema.

Kuerten (2006), ao analisar o número de Reynolds, definiu o rio Ivaí como de fluxo turbulento, não uniforme e instável. As constantes alterações na velocidade e profundidade do canal promovem mudanças nos fluxos que ora erodem, ora depositam, movimentando os materiais contidos no leito e em suspensão. Estas características contribuem para maior carga sedimentar e mobilidade da morfologia do canal.

Ainda segundo Kuerten, em relação ao número de Froude, o escoamento no baixo curso do Ivaí apresenta-se como “lento” indiferente às condições de vazão. Esta classificação se deve, principalmente, à variável velocidade. Mesmo se utilizando a maior velocidade registrada nos períodos de cheia, não é possível classificá-lo com um escoamento rápido. Essas variáveis hidrológicas do canal são importantes para definir sua competência de modificação do leito e de transportar a carga sedimentar que chega até ele.

Sobre os sedimentos hidrotransportados pelo rio Ivaí, Leli (2010) destaca que há uma forte relação das características do sedimento com a composição litológica das áreas de contribuição e que a variação da carga sedimentar está diretamente vinculada ao padrão climático da bacia e a influência do fenômeno ENOS. Há predomínio dos sedimentos de composição orgânica provenientes dos organismos associados ao sistema como: algas, organismos bênticos, folhas, huminas, resíduos agropecuários, efluentes industriais, esgoto doméstico, etc.

Na análise da concentração de sedimentos em períodos ascendentes e descendentes da vazão foi identificado um padrão de histerese horária, o que representa uma maior carga de sedimentos antes do pico de cheia. Segundo Stevaux (1994) essa condição se deve a forma alongada da bacia.

A carga de sedimento suspenso apresenta uma correlação altamente dispersa com a vazão ($R^2 = 0,52$). Contudo, quando se correlaciona a produção anual de sedimento com a vazão média a correlação torna-se bastante alta ($R^2 = 0,94$). Isso, conforme mencionado por Knighthon (1998) se explica provavelmente, pela constituição da bacia em termos de relevo e solos e pela condição de uso e ocupação. (LELI, 2010, p. 58).

Em relação aos sedimentos de fundo do rio Ivaí, Biazin (2005) verificou uma predominância da areia de granulometria média, principalmente onde a velocidade do fluxo é maior. Os sedimentos mais finos como areia fina, lama (argilo-siltosa) representam cerca de 10%, sendo mais comuns, nos trechos de baixa velocidade e principalmente próximo à confluência com o rio Paraná, onde se verifica o efeito de barramento do Ivaí pelo rio Paraná. Ainda sobre esse tema, Kuerten (2006) destaca que o rio apresenta uma dinâmica em que a granulometria da carga de fundo diminui com a proximidade da foz, assim como ocorre a diminuição da granulometria da carga suspensa.

Segundo Barros (2006) a carga de sedimentos em suspensão do rio Ivaí é cerca de 5 vezes superior a do rio Paraná. Isso se deve principalmente à ausência de barragens no Ivaí e as características naturais e de uso do solo da bacia, que garantem o fornecimento dos sedimentos.

O conhecimento da dinâmica sedimentar vinculada a carga suspensa e de fundo é extremamente importante nos processos fluviais e pode influenciar sobremaneira no gerenciamento do rio e da própria bacia. As cargas suspensa e de fundo de um rio controlam a morfologia e o padrão do canal, as características da planície de inundação, além de interferirem na ecologia e no uso da água fluvial.

Leli (2010) identificou uma redução na carga sedimentar do rio Ivaí para o período de 1977 a 2007. Essa mudança pode estar associada segundo Paiva (2008) à menor produção de sedimentos nas áreas fonte. A adoção de medidas de redução do escoamento superficial e do controle da erosão por meio do cultivo no sistema de plantio direto e a implantação de curvas de nível (terraços) nas propriedades rurais, contribuíram positivamente para essa condição. Outro fator que também pode ter contribuído para essa redução foi a exigência legal do SISLEG (Sistema de Manutenção, Recuperação e Proteção da Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente), instituído pelo Decreto Estadual 387/99 estabelecendo um sistema estadual de implantação de Áreas de Reserva Legal, o que ampliou as áreas preservadas e consequentemente reduziu a oferta de sedimentos.

Ainda que existam evidências de melhorias nas condições de preservação de algumas áreas na bacia do rio Ivaí e a redução na carga sedimentar é preciso destacar que ainda

existem muitos problemas ambientais em toda sua extensão. Esses problemas estão associados às diferentes formas de ocupação espacial e às atividades econômicas praticadas, porém, sua distribuição espacial é bastante irregular e com intensidades diferentes. Na planície de inundação, por se tratar de uma área de maior fragilidade ambiental, os impactos são mais evidentes e na maioria estão associados às áreas de pecuária e cultivos agrícolas, destacando-se a criação de bovinos e a rizicultura. Essas atividades promovem significativas alterações na composição biótica, na morfologia da planície, nas condições de inundação, além de liberarem resíduos para o sistema fluvial.

A planície de inundação também se configura como uma área receptora de parte dos sedimentos hidrotransportados, considerando que nos eventos de inundação, os sedimentos adentram para a planície, sendo depositados ao longo dos diques marginais e nas porções mais baixas que configuram as zonas alagadiças, contribuindo sobremaneira com a evolução morfológica da planície de inundação. Os depósitos dos sedimentos também contribuem para maior fertilidade natural da planície de inundação, fator que estimula a ocupação com atividades agropecuárias.

Segundo Nanson & Croke (1992) os canais fluviais podem mudar em resposta ao meio ambiente, variações que alteram o fluxo de sedimentos ou regime. É fundamental reconhecer que a várzea também vai mudar em resposta às variações ambientais que afetam do canal, embora geralmente de forma mais lenta.

É preciso considerar que as inter-relações entre a dinâmica fluvial, sedimentar e da planície aluvial e de inundação constituem um sistema e, portanto, os sistemas fluviais são extremamente complexos e multivariáveis, tendo normalmente um ajuste que lhes permite uma dinâmica controlada. Em condições de desequilíbrio, a reação de um sistema fluvial às mudanças em suas variáveis dominantes é extremamente complexa, tanto em escala espacial como temporal, sendo difícil a avaliação do estágio em que se encontra a planície de inundação do rio Ivaí.

A dinâmica e os ajustes que se verificam na planície de inundação do rio Ivaí, como as mudanças nas características de fluxo do canal, na diminuição da carga sedimentar e principalmente pela pouca abrangência espacial das inundações, com a redução dos ambientes de conectividade, representam uma condição de ajuste atual, numa área que apresenta claras evidências de que no passado era mais ativa e com maior integração entre o sistema rio-planície. No entanto, são necessárias informações mais detalhadas e de um período maior de análise que possam confirmar essas mudanças e suas motivações.

CAPÍTULO V – SISTEMAS DE CONTROLE DAS INUNDAÇÕES DO RIO IVAÍ E ASPECTOS AMBIENTAIS

V. I – SISTEMAS DE CONTROLE DAS INUNDAÇÕES: NATURAIS E ARTIFICIAIS

As inundações e enchentes são eventos naturais e configuram o que se pode denominar de variabilidade comportamental hidrológica. Quando atingem áreas ocupadas transformam-se em problemas geoambientais e podem ser derivados de fenômenos ou perigos naturais de caráter hidrometeorológico ou hidrológico. A magnitude e frequência das inundações ocorrem em função da intensidade e distribuição da precipitação, da taxa de infiltração de água no solo, do grau de saturação do solo, das suas condições de uso e ocupação bem como das características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem, conforme Amaral (2009).

As inundações são responsáveis por significativas alterações nas características geomorfológicas das planícies de inundação e podem ser desencadeadas por “crevasses”, rompimento do dique marginal, rompimento ou represamento de eclusas de emissários de áreas irrigadas e por outras condições associadas, como barramento de tributários e elevação do freático. Não ocorrem necessariamente todos os anos, mas constituem um processo natural comum a todos os cursos de água onde são registradas cheias mais pronunciadas. Os impactos causados pelas inundações podem ser pouco prejudiciais ou simplesmente uma condição necessária para integração dos ambientes rio-planície.

Quando ocorrem em áreas ocupadas podem destruir construções, vias de comunicação e de acesso dos ribeirinhos com as demais comunidades e cidades, resultando em grandes perdas econômicas. Em muitos casos, as inundações provocam grandes erosões e ou deposições de sedimentos, resultando em mudanças significativas na morfologia e nos ecossistemas.

Segundo Leopold *et al.* (1964), em condições de equilíbrio a taxa de aporte de sedimentos é igual a de saída. Uma alteração nas condições de equilíbrio devido a mudanças na tectônica ou no regime hidrológico, incluindo a mudanças no aporte de sedimentos e de água, pode resultar na alteração da planície de inundação e levar a degradação e a formação de um terraço, ou por outro lado, levar à degradação do sistema.

É importante destacar que os controles das inundações e dos demais processos que ocorrem na planície de inundação não estão vinculados apenas aos aspectos naturais e muitos

são definidos pelos mecanismos de intervenção humana. Esse grau de intervenção pode alterar não somente a dinâmica hidrogeomorfológica, como também a condição ecológica dos ecossistemas.

Na tentativa de entender e atribuir maior relevância aos fatores biológicos, no planejamento e gestão sustentável das bacias hidrográficas, Zalewski *et al.* (1997) propuseram o conceito de “ecohidrologia” o qual se baseia nos seguintes princípios:

1º - O primeiro conceitua a bacia como um “superorganismo” indicando que este funciona com uma hierarquia de fatores como a circulação da água na bacia (clima), dinâmica da água e temperatura e a interação hierárquica dos fatores abióticos e bióticos. Estes fatores influenciam este “superorganismo” e determinam a sua dinâmica, podendo variar de acordo com grau de estabilidade;

2º - O segundo é o da resistência e resiliência aos impactos. Isso se deve a interação biológica entre as partes componentes e serve de subsídio para gestão da bacia como forma de definir sua capacidade de absorção dos impactos humanos;

3º - O terceiro se refere ao uso das propriedades dos ecossistemas aquáticos para gestão de bacias, área em que se verifica a falta de entendimento dos processos ecológicos pelos gestores ambientais, os quais têm dado maior prioridade aos indicadores químicos.

Naturalmente existem ajustes e controles entre os sistemas abióticos e bióticos, buscando estabelecer uma condição de equilíbrio. Os ajustes dependem da variância e da alternância de condições entre os elementos, portanto, é necessário estabelecer o estágio em que se encontra um sistema para definir a sua capacidade de assimilação de eventuais mudanças, como por exemplo, a instalação de projetos de ocupação de áreas para fins agropecuários.

Ao analisar os mecanismos de controle das inundações percebe-se que existem variáveis naturais e antrópicas, distintas no tempo e no espaço que podem influenciar positiva ou negativamente na periodicidade e na magnitude dos eventos, tendo reflexos diretos nas alterações morfológicas, nas condições de equilíbrio dos ecossistemas que se estabelecem na planície de inundação, assim como nas condições socioeconômicas da população que ocupa essa área.

V. I. 1 – Sistemas Naturais de Controle das Inundações

V. I. 1. 1 – Diques Marginais

Entre os sistemas de controle natural de forte presença na planície de inundação do rio Ivaí destacam-se os diques marginais, presentes em grande parte de sua extensão e com maior desenvolvimento na margem direita, podendo ultrapassar os 5 metros de altura. Esses diques apresentam-se bem estruturados e vegetados como mostra a figura 26, fator que contribui para sua maior estabilidade e dificultando a ocorrência de crevasses, condição comum nas planícies aluviais dos rios Paraná e Paraguai e em rios do Pantanal.



Figura 26: Dique marginal da margem esquerda do rio Ivaí, localizado nas coordenadas 23°11'25"S 053°31'25"W. Notar em primeiro plano, a erosão provocada pelo pisoteio do gado bovino.
Fonte: Douhi, N. (2011).

Ab'saber (2001) afirma que o mecanismo de formação dos diques marginais é essencial para a compreensão de todo o processo de aluviação diferencial e de constituição dos diversos suportes ecológicos que, em mosaico, respondem pela gênese do espaço total de qualquer planície de inundação. Os diques marginais têm caráter de beira alta, porque recebem sedimentos mais grosseiros (areias e siltes), depositados por ocasião das cheias ocasionais, lançando as argilas mais finas para o largo espaço das várzeas. O autor destaca ainda a importância da vegetação ciliar para o depósito das areias e siltes sobre os diques marginais.

Os diques marginais identificados na planície aluvial do rio Ivaí, exercem um importante papel de controle das inundações, tendo em vista, que na grande maioria das cheias o nível das águas não ultrapassa a altura dos diques, fator que limita a deposição dos sedimentos e o desenvolvimento desses diques.

V. I. 1. 2 – Várzeas e Lagoas

As várzeas e as lagoas, interpretadas por muitos como bacias de decantação, (Figura 27), também representam sistemas naturais de controle muito importantes, pois se configuram em espaços aluviais muito mais largos do que os diques, e recebem predominantemente águas carregadas de sedimentos finos em suspensão e dissolvidos, influenciando sobremaneira na deposição destes sedimentos e no controle do escoamento das águas extravasadas por ocasião das inundações.



Figura 27: Área de várzea parcialmente alagada, vegetada predominantemente com gramíneas.
Fonte: Douhi, N. (2011).

As várzeas possuem um caráter integrador entre os ambientes fluviais de cheia, a área continental e o curso fluvial, exercendo o controle na morfologia da planície de inundação e na definição dos ambientes que aí se desenvolvem. Principalmente pela sucessão vegetacional que se estabelece por ocasião dos períodos de inundação e de estiagem. Ao longo do processo de deposição dos sedimentos, ocorre um gradual preenchimento das porções mais baixas, tornando-as mais secas, influenciando assim, no estabelecimento de novas espécies vegetais.

V. I. 1. 3 – Vegetação Ripária

A vegetação ripária também constitui um sistema de controle natural dos processos hidrogeomorfológicos e ecológicos. Sua contribuição se manifesta principalmente na

integração dos ecossistemas terrestres e aquáticos, interferindo nos processos físicos, na sucessão de espécies vegetais, na formação de habitats, na morfologia da paisagem e na produção de nutrientes para os ecossistemas aquáticos. Embora estejam intimamente ligados ao curso d'água, os seus limites não são facilmente demarcados. Em tese, os limites laterais se estenderiam até o alcance da planície de inundação. Todavia, os processos físicos que moldam continuamente os leitos dos cursos d'água, que vão desde intervalos de recorrência curtos das cheias anuais, até fenômenos mais intensos das enchentes decenais e seculares, impõem, também, a necessidade de se considerar um padrão temporal de variação da zona ripária, informam Stanley *et al.* (1991).

A zona ripária representa uma das áreas mais dinâmicas da paisagem e suas características refletem as transformações históricas de caráter hidrológico, como as inundações; e não hidrológico, como o desmatamento, o fogo, o vento, as doenças nas plantas, etc. Assim, sua recuperação e ou preservação são fundamentais tendo em vista suas funções ligadas ao controle da dinâmica hidromorfológica e na manutenção dos ecossistemas.

O ecossistema ripário, incluindo a dinâmica da zona ripária, sua vegetação e suas interações, desempenha funções relacionadas à geração do escoamento direto em microbacia, à contribuição ao aumento da capacidade de armazenamento da água, à manutenção da qualidade da água na microbacia, através da filtração superficial de sedimentos, e à retenção, pelo sistema radicular da mata ripária, de nutrientes liberados dos ecossistemas terrestres (efeito tampão), além de proporcionar estabilidade das margens, equilíbrio térmico da água e formação de corredores ecológicos. As florestas situadas em zonas ripárias são chamadas de matas ripárias (LIMA & ZAKIA, 2000, p. 36).

A vegetação ripária pode ocupar faixas estreitas e homogêneas que se assemelham às florestas. Em contraste, podem representar comunidades vegetais complexas, manchas heterogêneas de diferentes estágios sucessionais, incluindo ervas e gramíneas, árvores caducifólias, entre outras, com muitas idades. Essa heterogeneidade torna-se ainda mais evidente nas áreas de planície de inundação, onde os ambientes são alterenadamente distintos espacial e temporalmente, constituindo-se num mosaico de difícil delimitação e interpretação.

Especificamente na planície de inundação do rio Ivaí, a zona ripária encontra-se bastante alterada pelas atividades econômicas praticadas, muitas vezes, até às margens do rio. Em certos trechos é possível encontrar grandes manchas preservadas, com vegetação mais desenvolvida, porém em boa parte, os limites da zona ripária não atendem as determinações do código florestal brasileiro, (Figura 28 A e B).



Figura 28: Condições de preservação da vegetação ripária do rio Ivaí.

A: Área extremamente alterada pelo pastoreio, em desconformidade legal e com presença de processos erosivos bastante evoluídos até à margem do rio;

B: Área preservada, com grande diversidade de espécies e com limites que atendem as dimensões estabelecidas pelo Código Florestal.

Fonte: Douhi, N. (2011).

A definição dos limites da zona ripária e o conhecimento de suas características e funções são importantes, tanto do ponto de vista ecológico como de manejo. “Restringir a ocupação agrícola nestas áreas que possuem função de filtro é uma decisão importante para o manejo” (NAIMAN & DÉCAMPS, 1997, p. 136). A delimitação, manutenção e ou recuperação das áreas ripárias pode, também, subsidiar outras decisões de uso da terra que são capazes de comprometer os processos hidrológicos e ecológicos. Essas práticas são fundamentais para busca de um equilíbrio no sistema hidrológico, principalmente, quanto ao controle das inundações, dos processos erosivos e no aporte de sedimento para a planície de inundação.

V. I. 1. 4 – Controles de Confluência

Na área de confluência entre os rios Ivaí-Paraná, as condições de ajuste exercem um papel importante na dinâmica hidrológica, principalmente em relação às condições de fluxo, do transporte de sedimentos e no comportamento das cheias e inundações.

Nos trabalhos de Rocha (2002), Barros (2006), Franco (2007), entre outros, são apontados desajustes na zona de confluência do rio Ivaí com o rio Paraná, com destaque para as possíveis alterações tectônicas e climáticas ocorridas no Quaternário, alterações já evidenciadas nos estudos de Sallun *et al.* (2007) e Fortes *et al.* (2007). Segundo esses autores os processos neotectônicos promoveram um basculamento da planície aluvial para leste, rebaixando o talvegue do rio Paraná e consequentemente o nível de base do rio Ivaí, (Figura

29 A, B e C). Essa condição de desequilíbrio fez com que o rio Ivaí buscasse um ajuste escavando seu leito nos depósitos da planície aluvial, constituindo um padrão de meandros encaixados que se mantém na atualidade.

De acordo com Franco (2007) os depósitos que constituem a planície aluvial no trecho de confluência são resultantes de uma condição climática pretérita de maior aridez, que promoveu um incremento na carga arenosa do rio Paraná, entulhando-o e provocando um represamento parcial do rio Ivaí.

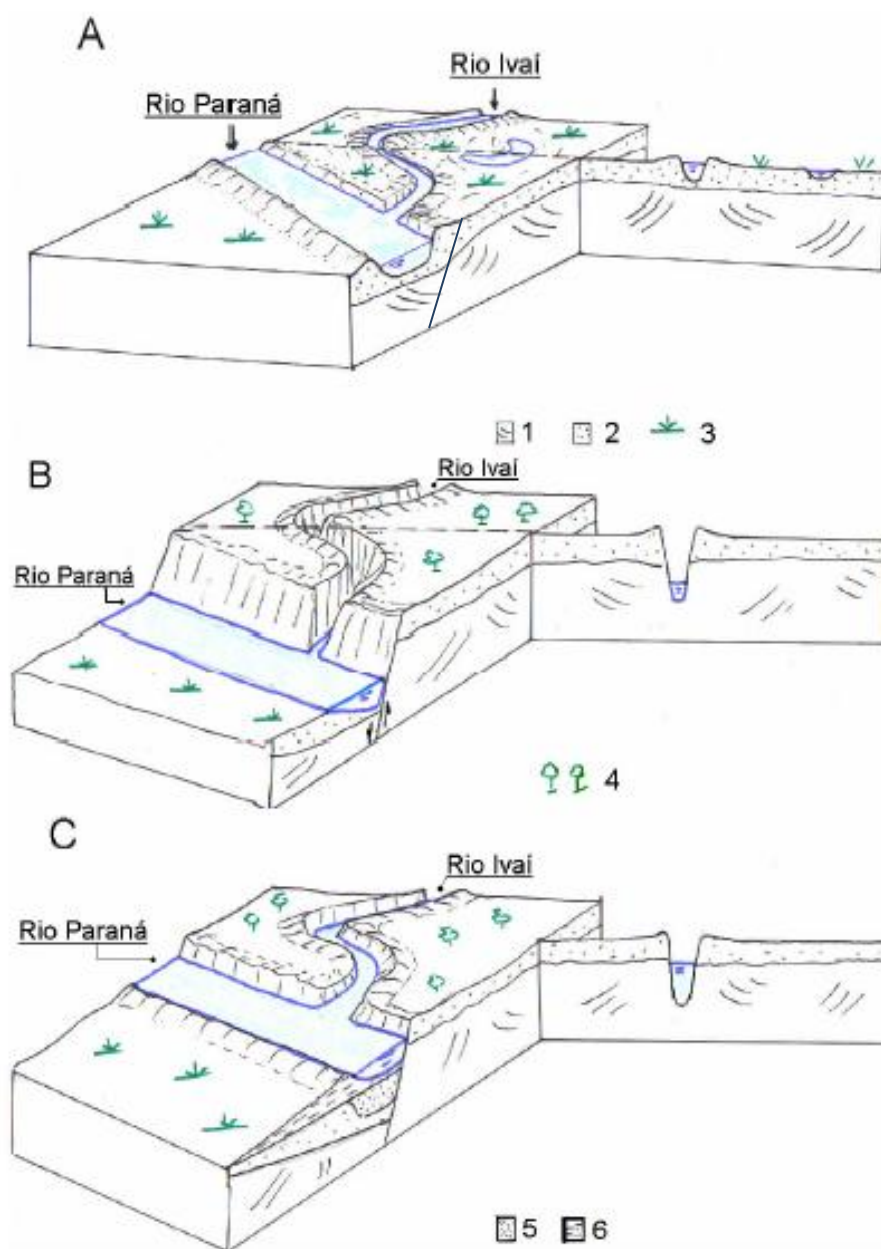


Figura 29: Modelo de evolução da confluência Ivaí-Paraná, provavelmente a partir do final do Pleistoceno.

Em A, tem-se a situação original; em B, ocorre o abaixamento do talvegue do rio Paraná, devido a processos neotectônicos ou paleoclimáticos no início do Holoceno; o rio Ivaí aprofunda seu leito, configurando um rio de meandros encaixados, fluindo sobre rochas do Grupo Caiuá; em C, há

elevação do nível d'água do rio Paraná devido à maior carga de fundo, o que provoca um represamento parcial do Ivaí durante o Holoceno. **1** – Substrato rochoso (Gr. Caiuá – K); **2** – Sedimentos aluviais; **3** – Várzeas, sujeitas a inundações periódicas; **4** – Planície aluvial elevada, sujeita a inundações episódicas; **5** – Antigo talvegue do rio Paraná, entulhado por carga de fundo; **6** – Planície de inundação atual do rio Paraná.

Fonte: Franco, A. L. A. (2007).

Fernandez (1992) destaca que o deslocamento espacial das áreas erosivas e deposicionais no canal fluvial são, possivelmente, decorrentes das permanentes alterações que sofrem as principais linhas de fluxo ao longo do tempo, fato que se comprova pelos estudos realizados por Barros (2006), Franco (2007) e Moraes (2010).

A confluência dos rios Ivaí e Paraná é um sítio de intensas trocas entre processos deposicionais e erosivos promovidos pelos fluxos de ambos os rios. A interação entre os diferentes volumes de água faz com que ora o fluxo do Ivaí barre o fluxo do canal secundário do rio Paraná e ora ocorra o contrário (BARROS, 2006, p. 40).

O ângulo de confluência faz com que as águas do rio Paraná encontrem diagonalmente as águas do Ivaí. O fluxo do rio seguindo na mesma direção antes e depois da confluência promove condições propícias para que se deposite carga de fundo arenosa e de seixos trazidos pelo rio Paraná à montante da confluência (Figura 30).

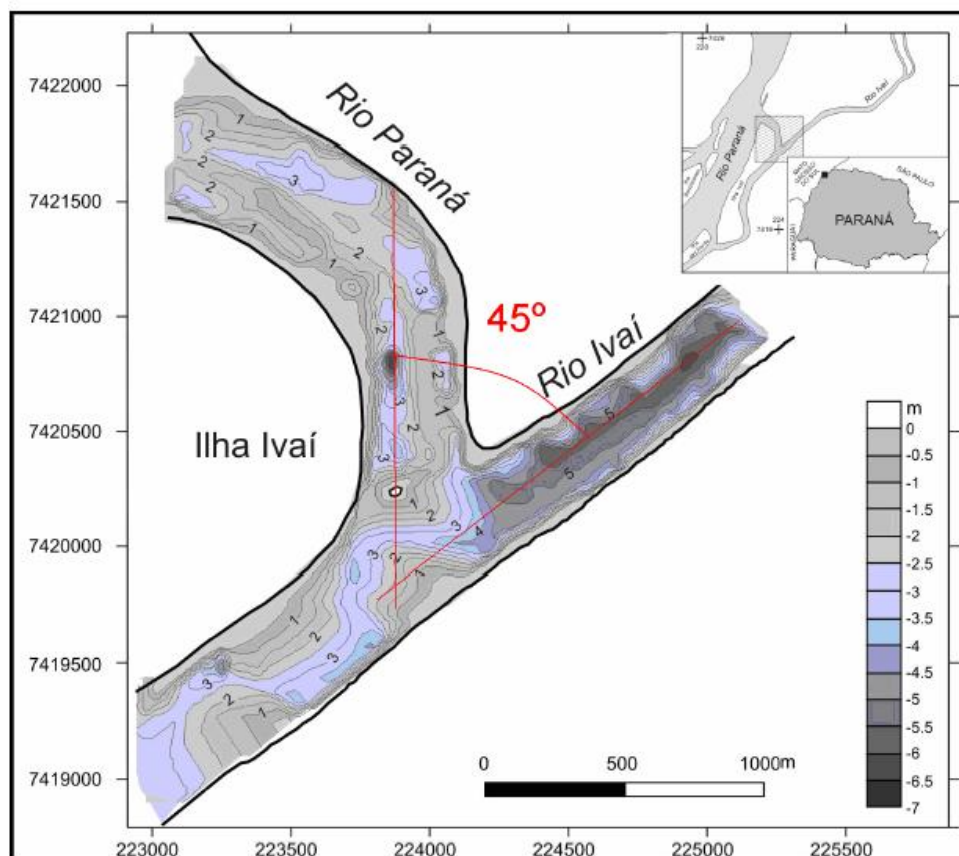


Figura 30: Mapa batimétrico da confluência do rio Ivaí com o rio Paraná, com definição da angularidade dos canais e a variação morfológica dos canais. Destaque para assimetria nas profundidades entre o canal tributário (rio Ivaí) e o canal secundário do rio Paraná (receptor).
Fonte: Franco, A. L. A. (2007).

Franco (2007), Barros (2006) e Biazin (2006) destacam que a confluência do rio Ivaí apresenta uma grande mobilidade do leito, com alternâncias das formas de fundo, da posição do talvegue e da profundidade do canal, com as maiores profundidades presentes no rio Ivaí. Destacam ainda, que a velocidade do fluxo também se apresenta bastante reduzida na aproximação da confluência, ocasionada possivelmente pela diminuição da profundidade do talvegue do rio Ivaí e pela pressão do fluxo do canal receptor (rio Paraná). Neste trecho o fluxo é descrito como turbulento e heterogêneo, havendo registros de vórtices e surgências, fatores que interferem na redução da velocidade do fluxo, tendo influência nas inundações por barramento.

Morais (2010) ao elaborar o processamento da cena Landsat tomada no ano de 1998, identifica uma condição de barramento do rio Ivaí sobre o rio Paraná. Segundo o autor:

no resultado do índice NDWI nesta data, as características de transporte de carga suspensas do rio Ivaí e do rio Paraná foram ressaltadas. O índice demonstrou que neste momento a dinâmica do rio Ivaí atuava sob o “braço”

do rio Paraná, condicionando a ele um barramento de suas águas...
(MORAIS, 2010, p. 44).

Considerando os apontamentos de Barros, Franco e Moraes sobre a dinâmica de confluência e os efeitos de barramento, foram realizadas investigações mais detalhadas do comportamento fluvial na zona de confluência, tendo como parâmetro as variações dos níveis do rio Paraná na estação de Porto Caiuá e do rio Ivaí, registradas por meio de uma régua fluviométrica instalada próximo a confluência.

Os acompanhamentos foram realizados entre maio de 2011 e abril de 2013, sendo registradas as condições de ocorrência de controle de fluxo de confluência, tanto no rio Ivaí pelo rio Paraná, quanto do canal secundário do rio Paraná pelo rio Ivaí. A condição de controle de confluência se estabelece em função do barramento ocasionado pelo rio com maior cota fluviométrica, normalmente discordantes em função dos regimes hidrológicos e tempos de resposta às precipitações diferenciadas entre os dois rios.

Na data de 16 de março de 2013, às 16h30min, registrou-se fluxo negativo no canal secundário do rio Paraná, como mostra a figura 31. O referido registro foi feito a partir de levantamento de campo realizado no canal durante um período de cheia do rio Ivaí, quando este apresentava cota de 2,96m, na régua localizada próximo à confluência com o rio Paraná (Icaraíma) e de 11,83m, na régua localizada na Estação de Novo Porto Taquara. Nessa condição a vazão e a velocidade de fluxo do rio Ivaí apresentavam-se elevadas, enquanto o rio Paraná apresentava uma condição normal, com cota de 3,19m na Estação de Porto Caiuá.

Com o efeito de barramento pelo rio Ivaí, se estabelece o fluxo negativo no canal secundário do rio Paraná, apresentando um fluxo bastante turbulento, instável e não uniforme na seção transversal, com significativa diferença de velocidades, sendo menores na margem esquerda e maiores na margem direita. Verifica-se também a ocorrência de vórtices na margem esquerda, ocasionados pelo jogo de forças entre a vazão do rio Paraná e a vazão do rio Ivaí.

Condição similar à descrita acima já havia sido registrada por Rocha (2002) num trecho do rio Paraná à montante da confluência do rio Ivaí, onde ao analisar a dinâmica dos rios Paraná-Ivinhema e os canais secundários (Baia, Ipuitã e Corutuba) identificou que nas condições de cheia do rio Paraná os canais secundários ficam *afogados*, apesar de terem seu nível elevado, suas velocidades de fluxo são diminuídas ou até mesmo o fluxo pode ser invertido.

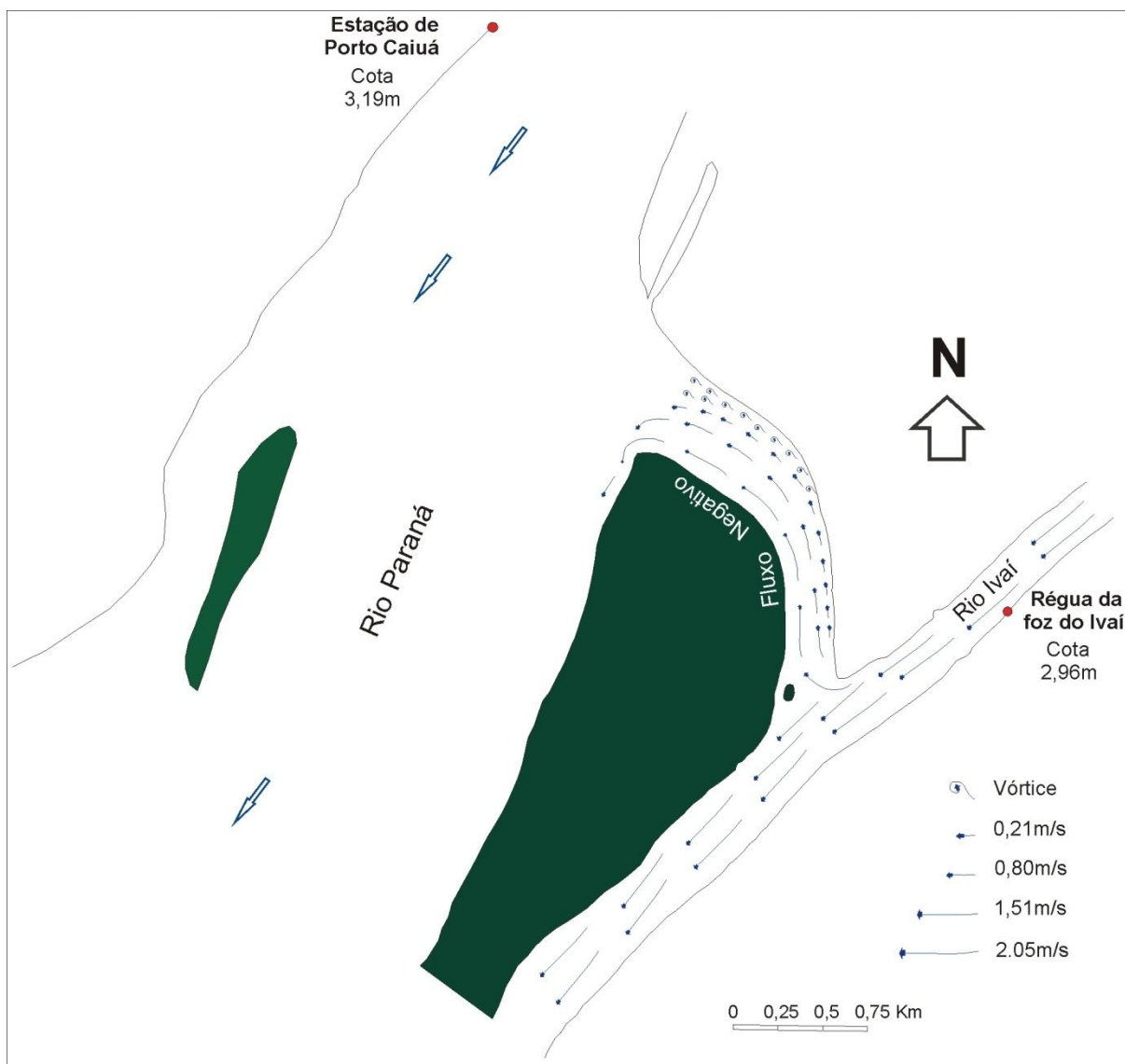


Figura 31: Representação das velocidades do fluxo do rio Ivaí e canal secundário do rio Paraná, em condição de fluxo negativo, ocasionado pelo barramento das águas do rio Paraná pelas águas do rio Ivaí numa situação de cheia ocorrida no dia 16 de março de 2013.
Fonte: Douhi, N. (2013).

A ocorrência do fluxo negativo no canal secundário do rio Paraná na zona de confluência do rio Ivaí é uma condição pouco frequente em função da combinação de fatores necessários à sua ocorrência. Também praticamente não há registros na literatura sobre seu comportamento, tendo em vista, que os registros nessas condições são difíceis de serem realizados, requerendo um acompanhamento minucioso do comportamento pluviométrico na região e do comportamento fluviométrico na zona de confluência.

Segundo os moradores e pescadores da região, a ocorrência dos barramentos de confluência e o fluxo negativo no canal do rio Paraná, são bastante conhecidos, sendo destacadas inclusive suas implicações na navegação, pesca e como agravantes de inundações.

O barramento das águas do rio Ivaí pelas águas do rio Paraná também foi verificado, tendo vários registros ao longo do período observado, como mostra a figura 32. Essa condição esta associada ao maior nível fluviométrico do rio Paraná que promove o barramento do fluxo do rio Ivaí, contribuindo para elevação do nível do Ivaí na zona de confluência. Além da elevação nível do rio Ivaí, o barramento promove a redução da velocidade do fluxo e da capacidade de transporte dos sedimentos, contribuindo para maior deposição, e potencializa as inundações.

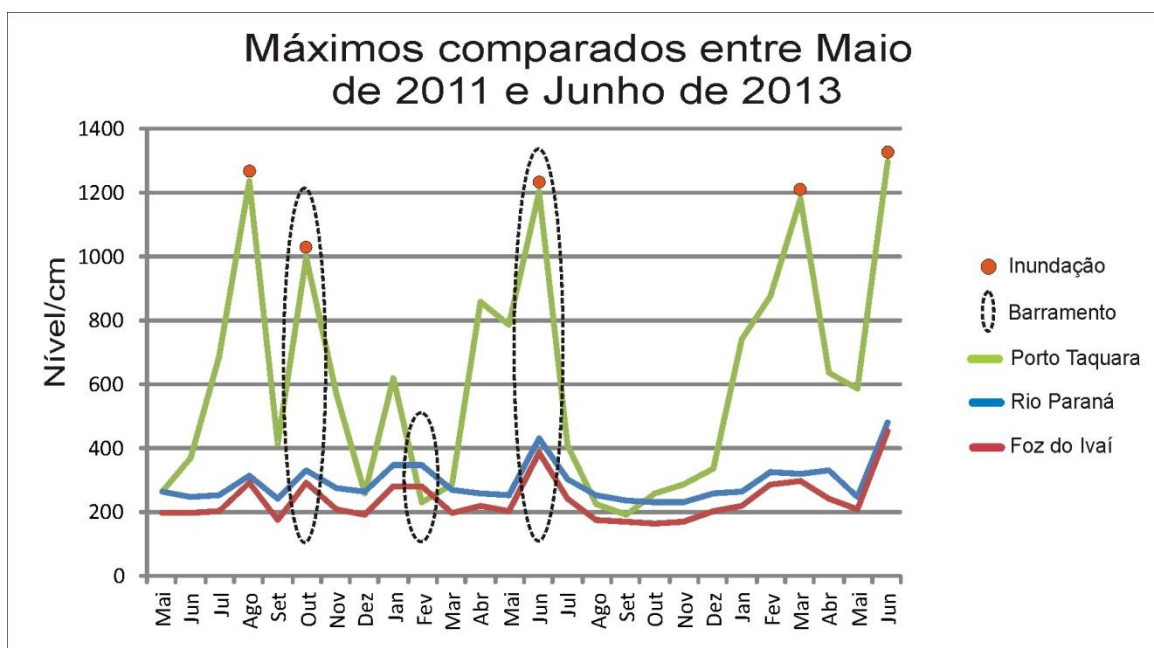


Figura 32: Variações dos níveis fluviométricos dos rios Paraná e Ivaí no período de maio de 2011 a junho de 2013, com registro das ocorrências de controle do fluxo do rio Ivaí por barramento.
Fonte: Douhi, N. (2013).

No período de monitoramento foram registradas três situações de barramento das águas do rio Ivaí, situações em que o nível fluviométrico do rio Paraná apresentava-se mais elevado.

O barramento é identificado quando comparados os níveis do rio Ivaí em Novo Porto Taquara e na zona de confluência, sendo considerada a condição de barramento quando o nível na zona de confluência é maior por haver maior nível no rio Paraná, como nas situações identificadas na figura 32, nos meses de outubro de 2011, fevereiro de 2012 e junho de 2012.

No barramento de outubro de 2011 o nível em Novo Porto Taquara foi de (9,99m) e o nível do rio Ivaí na zona de confluência (2,93m) superior ao de agosto de 2011, (2,91m), quando foi registrado um nível bem superior em Novo Porto Taquara (12,37m), mas sem o efeito de barramento. Ressalta-se que em outubro o rio Paraná apresentava um nível de (3,33m em Porto Caiuá) enquanto em agosto o nível era de (3,13m).

Em fevereiro de 2012 fica claro o efeito de barramento, pois mesmo com nível baixo em Novo Porto Taquara (3,27m), o rio Ivaí registra um nível de cheia na confluência (2,79m), por influência do nível mais elevado do rio Paraná (3,49m em Porto Caiuá).

Em junho de 2012 também ocorre o efeito de barramento, pois mesmo em condição de cheia no rio Ivaí (Novo Porto Taquara 12,05m), há coincidência com um nível de cheia do rio Paraná (4,30m), sendo registrado o segundo maior nível do rio Ivaí na zona de confluência do período de monitoramento (3,84m). Este nível só foi superado pela cheia de junho de 2013, quando o nível do rio Ivaí atingiu 4,53m, configurando o maior nível do período de monitoramento.

Na cheia registrada em de junho de 2013, não se verifica o efeito de barramento, tendo em vista que a cheia do rio Ivaí foi superior à verificada no rio Paraná. Nessa condição, o rio Ivaí possui energia suficiente para seguir seu fluxo a partir da confluência com o canal secundário do rio Paraná.

A confirmação dos controles de barramento na zona de confluência Ivaí-Paraná e sua influência na ocorrência de inundações contradizem os resultados obtidos por Terezan (2005), que indicavam a inexistência de sistemas de controle de barramento. Indicam também que as análises morfohidrológicas da zona de confluência precisam considerar as variáveis dos dois sistemas de forma integrada e interdependente.

O comportamento dos processos erosivos, de transporte e deposicionais, também sofrem alterações significativas durante os períodos de ocorrência dos controles de barramento, sendo descritos por autores como Franco (2007), Barros (2006) e Biazin (2006).

Barros (2006) afirma que nas situações em que a vazão do Ivaí é maior que a do canal do rio Paraná, o Ivaí causa o represamento das águas do rio Paraná, proporcionando para o Ivaí força e energia maiores para o transporte dos sedimentos.

Ainda segundo Barros, a dinâmica do fluxo na zona de confluência e a geometria do canal do rio Ivaí e Paraná estão intrinsecamente relacionadas. A variação da velocidade e da direção do fluxo influenciam muito no processo de erosão, transporte, deposição de sedimentos e na intensidade das inundações na zona de confluência. Esse controle exercido pelo fluxo e pelos sedimentos nos canais propicia uma complexa sequência de ajustamentos e trocas na forma e no comportamento dos canais ao longo do tempo. Também devem ser consideradas as influências dessa dinâmica na planície aluvial, pelo aporte de sedimentos durante as inundações.

V. I. 2 Sistemas Artificiais de Controle das Inundações

As transformações promovidas à medida que o processo de ocupação da planície aluvial do rio Ivaí vem ocorrendo tem alterado significativamente os sistemas naturais de controle das inundações, anulando em parte a dinâmica das inundações e seus efeitos. Principalmente quanto à capacidade de armazenamento e o tempo de permanência da água no interior da planície. Existe um conjunto de medidas artificiais (antrópicas) de controle de inundações caracterizadas pelas intervenções e adaptações humanas que buscam mitigar os efeitos das inundações ou adequar as áreas às expectativas de usos econômicos como a agropecuária e demais atividades extrativistas. Essas intervenções se subdividem em estruturais e não estruturais ou preventivas:

a) As estruturais: envolvem obras e intervenções diretamente no rio como pontes e acessos para travessia de balsa ou rampa de acesso para barcos e as obras na planície de inundação como os canais de drenagem das pastagens, canais de irrigação, comportas de controle do fluxo dos canais de irrigação, construção de diques de proteção de cheias, além de desvios e aterros de áreas alagadas (Figura 33 A, B, C e D).





Figura 33: Sistemas artificiais de controle de inundações na planície de inundação do rio Ivaí.

A: Canal de drenagem das áreas de pastagem, com a função de acelerar o escoamento das águas em períodos de inundação e reduzir as áreas alagadas;

B: Canal de drenagem em área de cultivo de arroz irrigado pré-germinado, com a função de controle da inundação das áreas cultivadas;

C: Comporta de controle do deflúvio dos canais de irrigação das áreas de cultivo de arroz irrigado;

D: Dique de contenção de inundações, construído com a função de impedir o extravasamento das águas do rio para planície de inundação.

Fonte: Douhi, N. (2011).

Cabe destacar que as medidas de controle de inundações buscam atender aos interesses econômicos, pois têm a função de tornar aptas ao uso áreas que naturalmente apresentam fragilidades e limitações. Essas transformações, além de promoverem mudanças morfológicas na planície interferindo na dinâmica das inundações alteram de forma significativa as características naturais das áreas, destruindo seu equilíbrio e interações necessárias à manutenção dos ecossistemas e a qualidade ambiental.

b) As medidas não estruturais ou preventivas: envolvem o comportamento adotado pelos moradores da região para conviver com as inundações. Baseiam-se no conhecimento dos moradores sobre a dinâmica do rio e das inundações, para adoção de medidas como: a desocupação de residências, a retirada do rebanho, a retirada de equipamentos dos arrozais, elevação das bombas de captação de água, entre outras.

As medidas não estruturais destacadas, ainda são muito individualizadas e necessitam de um zoneamento das áreas, limitando e ou organizando as ocupações de modo que possa haver a implantação de sistemas de alerta, orientação à população sobre os riscos, além de mecanismos legais que possam intervir na proteção das áreas e na diminuição dos riscos. Neste caso, são necessários estudos mais aprofundados, imposições legais e conscientização dos moradores, quanto à importância da manutenção dos ecossistemas da planície de

inundação, além de uma melhor organização das áreas consideradas aptas às atividades produtivas.

V. II - USO ATUAL DO SOLO E CONDIÇÕES AMBIENTAIS

O processo de ocupação da região em que se insere a planície de inundação do rio Ivaí apresentou-se bastante conturbado ao longo da história, sendo inicialmente ocupado por indígenas da família Tupi Guarani e a partir de meados do Séc. XX por colonos provenientes dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo, os quais foram estimulados por companhias de colonização como a Melhoramentos e Brasil Paraná.

A forma de ocupação se deu dentro da lógica capitalista para época, sendo as florestas desmatadas e substituídas pela cultura do café, pecuária e agricultura de subsistência.

Segundo Haracenko (2007) a ocupação promoveu forte degradação ambiental na região, tendo como fatores, a necessidade de cultivo dos lavradores para sua subsistência, a falta de órgãos oficiais com políticas públicas voltadas à proteção da fauna e da flora, um conjunto de leis ambientais precárias e o total desconhecimento por parte dos camponeses quanto à existência dessas leis.

As atividades produtivas estavam baseadas principalmente na agricultura de subsistência (arroz, feijão e milho), na criação de suínos e bovinos e no cultivo comercial do café, que fora o fator de estímulo à ocupação da região.

A produção cafeeira no arenito não conseguiu se manter por muito tempo, pois a capacidade produtiva do solo foi decaindo rapidamente em função da baixa fertilidade natural e associado a isso, as constantes geadas obrigaram os produtores a erradicar os cafezais e substituí-los por culturas como o arroz e o algodão. Segundo Konrath & Konrath (2001) citados por Haracenko (2007), as culturas de arroz e principalmente o algodão tiveram pouco mais de três anos de permanência, sendo rapidamente substituídas pelas pastagens e a introdução da pecuária. No caso da cultura de arroz, houve uma migração do cultivo para áreas que estão dentro planície de inundação, favorecidas pelo relevo plano, solos férteis e abundância de água.

Estudos e depoimentos apresentados por Haracenko (2007) também apontam a existência de muitos latifúndios resultantes do grande êxodo rural da década de 80, que foi provocado pelas sucessivas geadas, a maior em 1975, que dizimaram as plantações de café e desestimularam muitos agricultores a continuar na região, obrigando-os a vender as

propriedades. Outro fator que contribuiu para formação de latifúndios foi a concessão de lotes de terras a apadrinhados políticos e muitas aquisições questionáveis quanto à legalidade.

Essa conjuntura estimulou a presença dos movimentos dos trabalhadores sem terra e desencadeou uma série de episódios, alguns inclusive com vítimas fatais, interpretados como invasões e depredações pelos fazendeiros e de ocupação para produção pelos integrantes dos movimentos. Após longos anos de perseguições, negociações e disputas judiciais, a região teve a implantação de inúmeros assentamentos rurais promovidos pelo INCRA, o que resultou em grandes transformações na configuração territorial, na economia e na paisagem.

Haracenko (2007) afirma que a presença dos assentamentos rurais trouxe uma nova conjuntura produtiva para região, influenciando principalmente a ampliação da agricultura de subsistência e a pecuária leiteira, além dos incentivos à industrialização e comercialização por meio de cooperativas. Ainda na agricultura houve uma forte expansão da produção de arroz e mandioca, presentes em vários assentamentos rurais.

As transformações agrárias, embora representem importantes ganhos sociais, também resultaram em muitos impactos negativos, decorrentes da falta de planejamento e apoio técnico nas atividades agropecuárias. A inobservância das leis ambientais nas ocupações de áreas de preservação permanente, a falta de técnicas adequadas nas práticas agropecuárias, principalmente na preparação da terra e na aplicação de agrotóxicos, também provocam impactos diretos no solo, na flora, na fauna e nos recursos hídricos.

Nos últimos anos, mudanças significativas vem ocorrendo na ocupação da planície aluvial do rio Ivaí, notadamente influenciadas pela conjuntura social e econômica regional e do país, sendo verificado um aumento significativo na ocupação das propriedades e a ampliação das áreas de cultivo de soja, milho, cana-de-açúcar e do arroz.

A carta de uso do solo (Figura 34) indica que existe um forte predomínio da pecuária ao longo da planície aluvial do rio Ivaí correspondendo a mais 42% da área. A maior presença da pecuária se justifica pela fragilidade dos solos para as culturas temporárias nas áreas mais elevadas e pela fácil adaptação das áreas inundáveis às pastagens, além da redução dos riscos de perdas em casos de inundação.

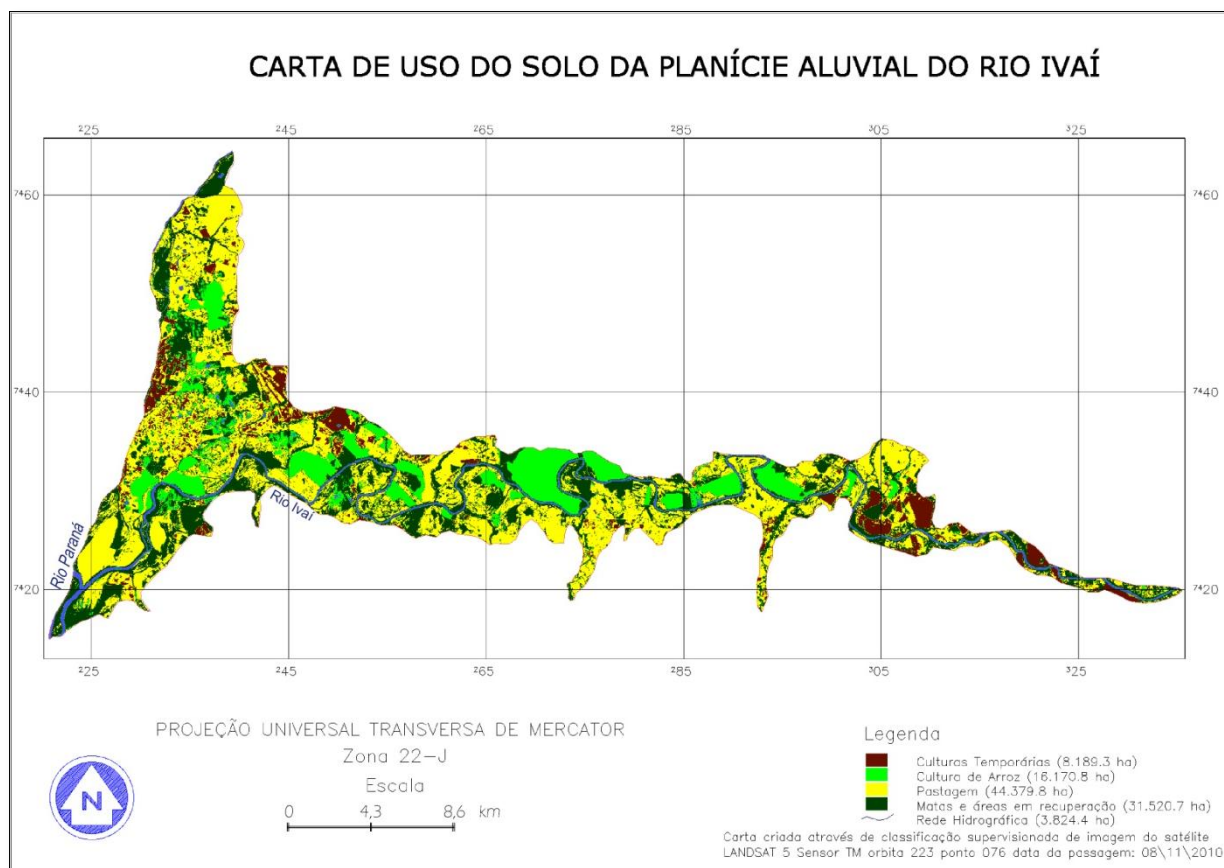


Figura 34: Carta de uso do solo da planície aluvial do rio Ivaí – 2010. Baseada em imagem Landsat-5 de 08 de novembro de 2010 e análises comparativas no *Google Earth* para classificação supervisionada.

Fonte: Douhi, N. (2013).

As áreas com culturas temporárias representam menos de 1% da planície aluvial, concentrando-se mais em duas porções, uma mais à montante da planície e outra na parte noroeste, mais à jusante, próxima ao rio Paraná. Entre as razões para ocupação dessas áreas com cultivos temporários estão a melhor condição de drenagem e solos com menor fragilidade à erosão. As culturas temporárias que se destacam são a soja e a cana de açúcar, favorecidas pela maior produtividade e rentabilidade.

A predominância da pecuária de corte e das culturas comerciais temporárias destacadas na carta de uso do solo e exemplificadas na figura 35 (A, B, C, D, E e F), representam a forma de ocupação das propriedades com maior área, onde os proprietários dispõe de maior capital para investimentos em máquinas e equipamentos agrícolas e ou para pecuária, construção de cercas, implantação das pastagens e aquisição do rebanho, além da preparação da terra e custeio da produção. Essas áreas contrastam com muitas pequenas propriedades, inclusive de assentados da reforma agrária, onde existe uma maior diversificação das culturas, na maioria voltadas à subsistência, assim como a presença da pecuária leiteira que atende as necessidades das famílias e abastece os laticínios da região.

As transformações ocorridas nas últimas décadas, algumas de caráter agrário, outras por questões climáticas e ainda pelas mudanças na conjuntura econômica, contribuíram de forma efetiva para uma maior ocupação das terras e para introdução de novas culturas, promovendo um aumento da produção e da economia local. Inclusive com a implantação de indústrias ligadas ao processamento de arroz e da mandioca, fato que influencia na geração de empregos e na melhoria da renda da população.

A maior diversificação da produção na planície aluvial do rio Ivaí, tem um reflexo positivo na maior diversidade e quantidade de produtos ofertados no mercado local, ampliando também a oferta de trabalho no campo, exercendo um papel decisivo na manutenção da população rural.

Outro aspecto importante diz respeito à industrialização da produção agrícola, principalmente da mandioca e do arroz, condição que agrega maior valor aos produtos, gera mais empregos e amplia a arrecadação dos municípios, contribuindo para melhorias de outros setores que requerem investimentos por parte do Poder Público.

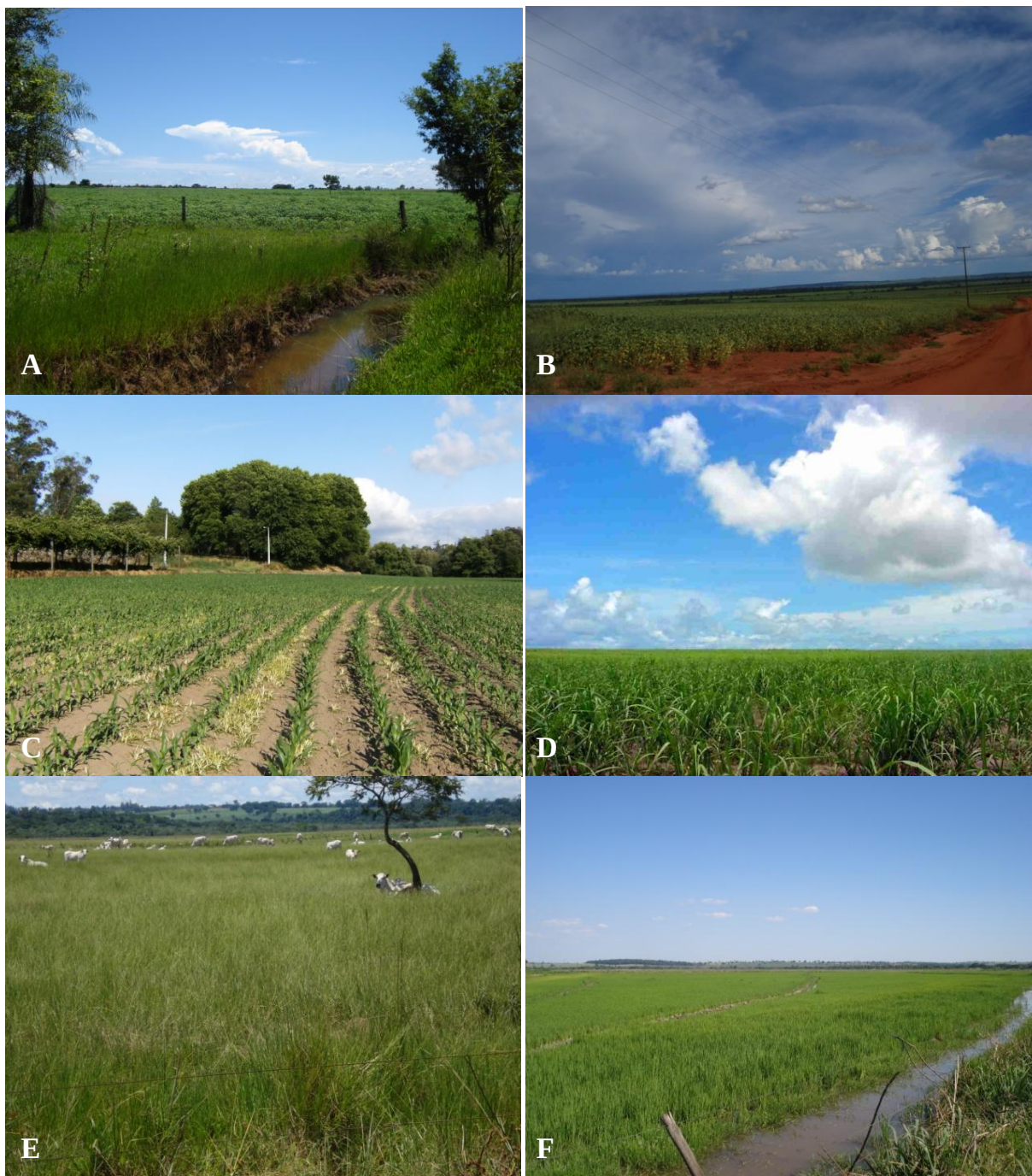


Figura 35: Mosaico com os principais tipos de atividades produtivas na Planície aluvial do rio Ivaí.

A: Área com cultivo de mandioca; em primeiro plano, canal de drenagem da área;

B: Área com cultivo de soja, localizada no terraço que faz limite com a planície, com ocorrência de Latossolo originado a partir do arenito Caiuá;

C: Área com cultivo de milho, com presença de Gleissolo;

D: Área com cultivo de cana-de-açúcar, cultura que vem ganhando espaço nos últimos anos em função da valorização do açúcar e do álcool;

E: Área destinada à pecuária de corte com predomínio da raça nelore;

F: Área com cultivo de arroz irrigado, no sistema pré-germinado. Na lateral, canal de drenagem do sistema de irrigação.

Fonte: Douhi, N. (2011).

Nos últimos anos o cultivo de arroz tem se destacado de forma significativa, ocupando mais de 15% da área da planície aluvial do rio Ivaí, principalmente na planície de inundação. A implantação do cultivo do arroz na planície de inundação é influenciada pela fertilidade natural dos solos, ricos em matéria orgânica e principalmente pelas condições favoráveis do relevo, que facilitam a preparação das áreas e a implantação dos sistemas de irrigação. Outro fator importante é a facilidade no acesso à água do rio Ivaí e a construção de emissários das áreas irrigadas para o próprio rio, como mostra a figura 36.



Figura 36: Sistema de captação e emissão da água utilizada nas áreas de cultivo de arroz irrigado. Fonte: Douhi, N. (2011).

As áreas com cobertura vegetal de floresta em recuperação ou alagadiças representam cerca de 30% da área da planície aluvial, compreendendo, portanto, uma parcela significativa de áreas que podem ser enquadradas como de APP ou de Reserva Legal. Por outro lado, se observada a sua distribuição na carta de uso do solo (Figura 34), fica evidente a grande fragmentação dessas áreas e a inexistência de vegetação ripária em muitos trechos da rede hidrográfica.

O aumento do percentual de ocupação das áreas da planície de inundação e da produção, mesmo limitado em muitas propriedades gera preocupação, tendo em vista, que boa parte das ocupações está em Área de Proteção Permanente (APP) como a zona ripária ou de alta fragilidade ambiental, como as zonas alagadiças. Por essa razão, a ocupação dessas áreas deveria estar condicionada a um plano de manejo, vinculado a estudos de impacto ambiental.

Em relação à zona ripária, área compreendida em partes, pelos limites de proteção da mata ciliar estabelecidos pelo código florestal, Lei 12.651/2012, ainda sem regulamentação, percebe-se que grande parte das áreas está em desconformidade legal, não atendendo os limites mínimos estabelecidos para região em função da largura do rio Ivaí. Há, portanto, a necessidade de um trabalho de conscientização e fiscalização com o propósito de recuperação

dessas áreas, ampliando assim, os limites e as dimensões das áreas protegidas e contribuindo para manutenção da flora e fauna da região.

As características dos ambientes naturais que se desenvolvem na planície de inundação, pela relativa conectividade existente entre a área alagável e os rios Ivaí e Paraná nos períodos de inundação, também têm sido severamente alteradas pelas práticas agropecuárias e demais formas de ocupação. Essas alterações tornam possíveis as atividades econômicas e reduzem perdas, porém modificam os ambientes e dificultam os processos naturais.

Com o propósito de reduzir os impactos ambientais vinculados ao processo de ocupação e garantir a preservação de áreas de maior importância ecológica e com alta fragilidade, como a área da planície de inundação do rio Ivaí, nos últimos anos, vem sendo criadas na região várias UC (Unidades de Conservação).

Segundo a Lei nº 9.985/2000 as UC têm o objetivo de disciplinar o processo de ocupação das terras, proteger os recursos bióticos e abióticos dentro de seus limites, promover a restauração e a preservação dos ecossistemas degradados, assegurar o bem-estar das comunidades locais, promover o desenvolvimento sustentável, entre outras funções.

A planície de inundação do rio Ivaí integra o Corredor da Biodiversidade criado pela SEMA-PR/ IAP em 1997 e conecta-se com a APA (Área de Proteção Ambiental) das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná, figura 37, que foi criada no dia 30 de Setembro de 1997 pelo Decreto s/nº da Presidência da República, tendo, portanto, um relevante papel na preservação ambiental e na integração das UC.

A APA das Ilhas e Várzeas do rio Paraná é uma UC de uso sustentável, constituída por áreas públicas e privadas que possui em seu interior ou entorno o Parque Nacional da Ilha Grande, o Parque Estadual das Várzeas do rio Ivinhema, além de APA's municipais do CORIPA (Consócio Intermunicipal para Conservação do Remanescente do rio Paraná e Áreas de Influência), RPPN's, ESEC Caiuá (Estação Ecológica Caiuá), ESEC Mico Leão Preto (Estação Ecológica Mico Leão Preto) e Parque do Morro do Diabo, se configurando num mosaico de Unidades de Conservação.

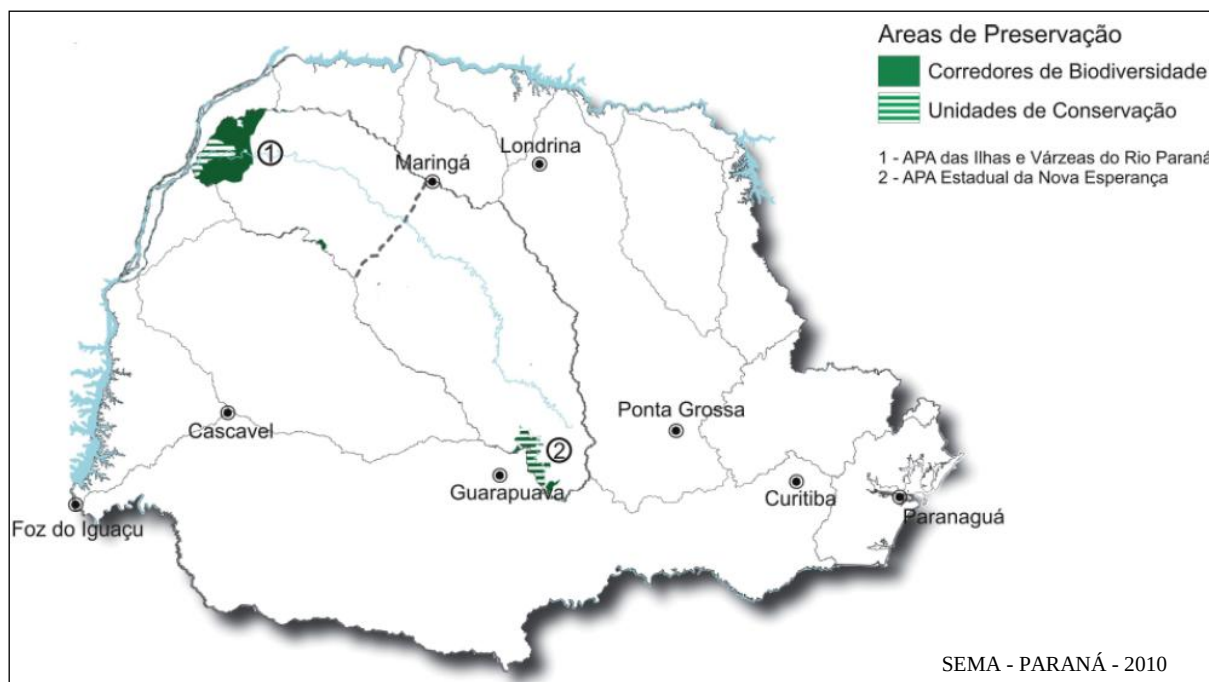


Figura 37: Localização das áreas de preservação permanente e de relevante importância ambiental dentro da bacia do rio Ivaí.

Fonte: SEMA (2010).

A concepção do “Corredor de Biodiversidade” do rio Paraná foi desenvolvida fundamentando-se no princípio de que o fluxo da biodiversidade não se restringe somente a áreas contínuas de floresta ou de ambiente natural protegido, mas abrange também os ecossistemas aquáticos. O “Corredor de Biodiversidade” é importante para integrar o conjunto das Unidades de Conservação existentes ao longo do rio Paraná e confluências do rio Ivaí e Paranapanema, considerando que estas áreas abrigam importantes remanescentes dos ecossistemas de áreas inundáveis dos Estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo.

A criação dessas Unidades de Conservação em grande parte foi executada de maneira unilateral, sem uma discussão mais ampla com os ribeirinhos que ocupam as áreas e que desenvolvem suas práticas, muitas vezes incompatíveis com os objetivos agora buscados. Essa desconformidade de interesses acaba gerando problemas quanto à efetiva implementação das Unidades de Conservação e principalmente colocam em posições antagônicas os moradores e o Estado, seja na esfera Municipal, Estadual ou Federal.

Os órgãos de fiscalização como o IAP (Instituto Ambiental do Paraná) e IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) são vistos como inimigos dos que ocupam e trabalham na região. Muitas vezes os moradores são penalizados com a aplicação de multas por práticas ilegais, que para os mesmos são tidas como

necessárias e insignificantes frente à degradação já promovida historicamente por outros agricultores e pecuaristas da região.

Sobre essas situações, no que diz respeito ao aspecto jurídico da questão, Benatti alerta o seguinte:

para que as áreas protegidas consigam alcançar os objetivos almejados, em primeiro lugar elas não poderão ser vistas como “ilhas de preservação” do meio natural, isoladas do seu contexto regional e nacional; em segundo lugar esses espaços naturais protegidos não podem ser criados e geridos sem consultar a sociedade, especialmente as comunidades mais diretamente atingidas; em terceiro lugar, deverá se compatibilizar a necessidade de criar áreas de proteção ambiental com a presença das populações tradicionais. Em nosso entendimento a defesa do meio ambiente é muito mais do que a defesa somente da fauna, flora e do meio físico, inclui também o ser humano, através de suas atividades culturais e materiais. (BENATTI, 1998, p. 5)

A área compreendida pela APA das Ilhas e Várzeas do rio Paraná e o Corredor da Biodiversidade onde se insere a planície de inundação do rio Ivaí, não possui um plano de manejo que esteja sendo executado, além disso, tem tido poucos investimentos e fiscalização, enfrentado assim muitos problemas, dos quais podem ser destacados:

- o desconhecimento da população em geral sobre a existência da unidade;
- a expansão sem planejamento da agricultura e da pecuária;
- as ocupações irregulares das margens de corpos d'água;
- os incêndios criminosos (queima de pastagem, roçados, etc.);
- a diminuição dos recursos pesqueiros e o consequente empobrecimento das populações tradicionais, por conta das alterações nos rios Paraná e Ivaí;
- a regulação do nível hidrológico do rio Paraná (Usinas Hidrelétricas);
- a drenagem, construção de diques e ocupação das áreas de várzea;
- a extração ilegal de madeira-lenha, areia e argila;
- o tráfico de animais silvestres, criação de animais exóticos (búfalos);
- a atividade de pesca ilegal em áreas protegidas (Parques);
- a mortandade de peixes e indícios de contaminação dos rios Paraná e Ivaí;
- o contrabando e uso irregular de agrotóxicos;
- a presença de empreendimentos com alto potencial de poluição hídrica como cultivo de arroz irrigado.

A planície de inundação do rio Ivaí apresenta-se bastante modificada, com poucas áreas preservadas. A vegetação arbórea é naturalmente confinada às partes mais altas das ilhas, em alguns diques de paleocanais e principalmente nos terraços e diques das margens do rio Ivaí. Amplas áreas vêm sendo submetidas ao desmatamento e a introdução de obras de engenharia que buscam controlar as inundações e melhorar a drenagem. Essas áreas são utilizadas para a pecuária, agricultura de subsistência e comercial com predomínio da criação de bovinos e das culturas de milho, soja, cana de açúcar, feijão e mais recentemente uma forte expansão do arroz. Nelas também estão estabelecidas algumas famílias de pescadores que complementam sua renda trabalhando em fazendas e lavouras da região.

Zalewski (2002) afirma que em muitas situações o modelo atual de ocupação, baseado no excesso de obras de engenharia como canalizações e barramentos tem reduzido seriamente o papel dos processos ecológicos para moderar o ciclo da água. Com o declínio da qualidade dos recursos aquáticos e o desequilíbrio dos sistemas naturais, torna-se necessária a busca de novas soluções que visem a adequação dos usos respeitando as fragilidades de cada ambiente e que sejam implementados modelos de gestão que promovam a recuperação das áreas degradadas, garantindo a preservação dos recursos naturais e da qualidade ambiental.

CAPÍTULO VI - CARTOGRAFIA DAS ÁREAS INUNDÁVEIS DA PLANÍCIE ALUVIAL DO RIO IVAÍ

VI. 1 – FATORES DE ANÁLISE E CATEGORIA DAS INUNDAÇÕES

No contexto dos estudos de inundação, os aspectos hidrológicos devem contemplar o conjunto de processos que ocorrem tanto nas vertentes quanto àqueles que se processam especificamente no canal e na planície de inundação. Ela tem dois eixos principais de estudo: o primeiro trata da relação entre chuvas e volumes escoados pelo canal; o segundo, a análise dos parâmetros associados ao fluxo como a morfologia do canal e da planície de inundação e o grau de intervenção antrópica.

A definição dos limites de uma inundação apresenta-se de modo simplificado como uma combinação das variáveis hidrogeomorfológicas, no entanto, os limites também estão associados às interações e intervenções biológicas, principalmente humanas que se manifestam no momento e ao longo da história.

A representação espacial dos limites inundáveis da planície aluvial do rio Ivaí se baseia método hidrogeomorfológico, o qual se fundamenta na análise das características morfológicas, sedimentológicas e uso da terra, identificando o leito de margens plenas, médio e planície de inundação ou de várzea respectivamente, com o registro cartográfico das inundações mais frequentes e excepcionais. Embora se configure em uma abordagem qualitativa, ela leva em consideração também as mudanças induzidas pelo homem, fator relevante principalmente pelos sistemas de controle artificiais das inundações, comuns em áreas ocupadas e os efeitos decorrentes das inundações para população.

O método hidrogeomorfológico surgiu e evoluiu a partir de Masson (1983) e Garry (1985) que utilizaram a análise do terreno por fotointerpretação e observação direta. O método foi aplicado em vários rios, principalmente na França, a fim de comparar os resultados com aqueles derivados de modelagem e assegurar a confiabilidade das informações. Lambert (1990) e Prunet (1999) contribuíram significativamente para efetivação do método, definindo os parâmetros indispensáveis para representação cartográfica das áreas inundáveis.

A geomorfologia é o suporte para o método hidrogeomorfológico podendo ser aplicado aos vales e planícies. É um método naturalista que faz parte dos desenvolvimentos recentes na geomorfologia fluvial e visa a identificação e mapeamento da planície de

inundação do rio para permitir a previsão e prevenção de riscos das inundações, além de servir de suporte para o planejamento dessas áreas. Ressalta-se, que para definição dos limites inundáveis da planície aluvial do rio Ivaí, foram considerados apenas os níveis atingidos nas maiores cheias do período de 1974 a 2013 e que possuem registro em imagens de satélite.

Comunello (2001) destaca que estabelecendo-se as correlações entre os níveis fluviométricos e a área inundada em diferentes níveis e períodos, seria possível gerar vários mapas desta área, possibilitando o resgate histórico das condições a que o sistema se submeteu ao longo da série histórica de registros fluviométricos. Estas informações são essenciais na definição dos limites de abrangência e no comportamento das cheias. O mesmo autor afirma que esse resgate histórico poderia elucidar o funcionamento da dinâmica de inundação de maneira suficientemente clara para permitir a simulação, ou seja, a possibilidade de inferir sobre cenários futuros.

Em estudos de áreas inundáveis do rio Paraná, Rocha (2002) enfatiza que as correlações entre informações fluviométricas, físicas e bióticas obtidas em campo e morfológicas obtidas por meios cartográficos e de imagens, são essenciais para definição de cenários de inundação e dos estágios de conectividade hidrodinâmica entre o rio e a planície de inundação.

O mesmo autor destaca duas questões importantes para o entendimento da dinâmica do fluxo nos sistemas rio-planície de inundação: a primeira refere-se à questão espacial, que implica em definir os limites espaciais inundáveis nos estágios de um pulso hidrológico de cheia. A segunda é temporal em que são definidos os períodos de ocorrência dos pulsos de cheia e de vazante do rio e a sua regularidade.

Ballais *et al.* (2011), quando se referem ao estudo hidrogeomorfológico, afirmam que isso requer um conhecimento abrangente e a compreensão de um sistema complexo em que múltiplos fatores interferem, alguns naturais, outros de origem antrópica. Deve-se, portanto, analisar a modelagem hidráulica em um modelo de funcionamento geral do ambiente do rio, em que hidrologia e história de inundação são articuladas com as características físicas deste rio e do meio ambiente, não só de hoje, mas como eles evoluíram no passado e como evoluirão no futuro. Esta é uma tentativa de compreender hidrológicamente a dinâmica da várzea funcional, de acordo com uma interpretação de fenômenos naturais e antrópicos que estão ausentes nos métodos hidrológicos e, especialmente, hidráulicos.

Os levantamentos de campo realizados em diferentes períodos da pesquisa foram fundamentais, pois possibilitaram uma compreensão mais abrangente e sob o ponto de vista também dos moradores, principalmente em relação às intervenções na planície e aos prejuízos

causados. A observação e o registro fotográfico de vestígios de umidade e depósitos (lama ou areia, restos de plantas ou de plásticos), marcas em árvores, postes e residências foram importantes para definição dos níveis e limites atingidos pelas inundações, contribuindo para maior acurabilidade das informações.

O levantamento histórico das ocorrências e o método de entrevistas com os moradores das áreas atingidas representou um mecanismo complementar importante para definição dos limites e do comportamento das inundações. Com esses procedimentos também foram identificados os efeitos decorrentes das inundações nas populações atingidas. Percebe-se que existe um nível de conhecimento empírico por parte dos moradores sobre a dinâmica das inundações e uma maior preocupação com as perdas econômicas e as influências destas na produção. Porém, há relatos dos efeitos psicológicos (traumas, medos) que elas representam, entre outros aspectos que não são visíveis nas avaliações das variáveis físicas.

A análise sobre os fatores que interagem para ocorrência das inundações e o conhecimento das características associadas às diferentes magnitudes das inundações são ferramentas importantes para definição de padrões ou categorias das inundações. Com isso, torna-se mais fácil a interpretação das inundações, possibilitando a implementação de mecanismos de intervenção e planejamento para as áreas e pessoas atingidas.

Considerando a combinação dos condicionantes para a ocorrência de inundações na planície aluvial do rio Ivaí e as características e comportamentos que estas apresentam, foram estabelecidas quatro categorias:

- 1) **Inundação por rompimento de dique e represamento de canais de irrigação:** atinge áreas menores da planície, com curtos intervalos de permanência, provocada pela subida rápida das águas do rio Ivaí, que ocorrem em períodos de chuvas intensas, principalmente nas áreas mais à montante da bacia. Neste caso, as águas podem romper o dique marginal, às vezes impactado pela pecuária, ou na maioria dos casos, invadir a planície por meio dos emissários e canais de irrigação e de drenagem construídos pelos rizicultores e pecuaristas (Figura 38). Em algumas situações pode simplesmente haver o barramento dos emissários das áreas de rizicultura, impedindo a drenagem e promovendo assim a inundação dessas áreas.

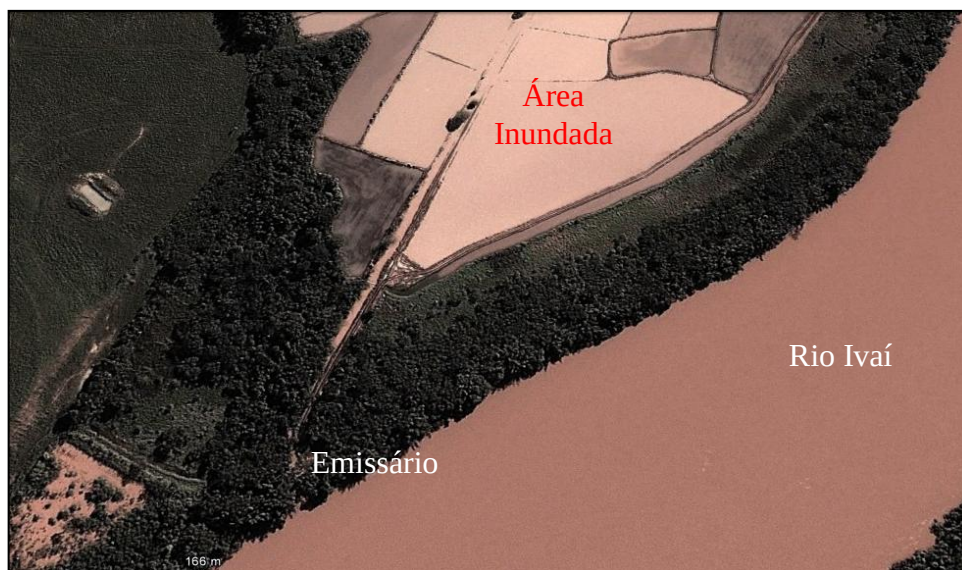


Figura 38: Inundação provocada por barramento de emissário de área irrigada para rizicultura.
Fonte: Google earth (2013).

As inundações que se enquadram nessa primeira categoria, ocorrem apenas nas áreas mais baixas e por períodos curtos que podem variar entre dois e cinco dias, tendo pouca contribuição para os ambientes que dependem da integração rio-planície de inundação. Os impactos econômicos também são reduzidos;

- 2) **Inundação por represamento e extravasamento dos tributários da planície de inundação:** atinge grande parte da planície de inundação, com intervalos de permanência maiores. É provocada pela subida das águas que represam os tributários, forçando-os a extravasar para planície (Figura 39). Ocorre em condições de chuvas mais prolongadas, intensas e que atinjam toda bacia, fato que contribui para elevação do nível do lençol freático, condição que favorece o incremento das inundações. As inundações por represamento dos afluentes que deságuam na planície de inundação já haviam sido identificadas por Terezan (2005), em estudo pontual realizado num trecho da planície de inundação.



Figura 39: Inundação por represamento e extravasamento de tributário do rio Ivaí.
Fonte: Google earth (2013).

O período de permanência das inundações dessa categoria pode variar de dias a mais de uma semana, principalmente pelas águas residuais que tendem a permanecer por mais tempo na planície, em função da deficiência da drenagem do solo saturado. Nessas circunstâncias ocorre maior integração entre os ambientes da planície de inundação, além de os impactos para população serem mais significativos;

- 3) **Inundação combinada ao efeito de barramento do rio Paraná:** apresenta maior magnitude e atinge toda planície de inundação, com grandes intervalos de permanência. É o tipo de inundação menos frequente e somente ocorre quando há coincidência das cheias do rio Ivaí com as cheias do rio Paraná. Nessa condição o rio Paraná provoca o represamento das águas do rio Ivaí, ampliando assim as áreas inundadas e os impactos, como mostra a figura 40.



Figura 40: Inundação combinada, com os rios Ivaí e Paraná apresentando níveis de cheia. Observar a zona de confluência que apresenta áreas inundadas pelo rio Paraná e pelo rio Ivaí.

Fonte: Imagem de Satélite Landsat 4, LM 223/076. Data de passagem: 16/06/1983. Disponível em: [www. http://glovis.usgs.gov](http://glovis.usgs.gov)

A abrangência espacial das inundações dessa categoria é muito grande e o tempo de permanência é superior a 15 dias podendo chegar a meses, fato que contribui para integração de grandes áreas no sistema rio-planície de inundação. Os impactos negativos aos moradores atingidos são muito expressivos, como a perda da produção agrícola, de bens de uso doméstico, danos às moradias e a estrutura de produção, como os diques, os canais de drenagem e de irrigação, cercas, além dos gastos com a remoção de moradores e do rebanho bovino. O exemplo que representa essa condição é o ocorrido em de junho de 1983, período em que a inundação foi a maior já registrada e a permanência das áreas inundadas foi superior a um mês.

- 4) **Inundação de confluência e ou de barramento:** ocorre no trecho de confluência do rio Ivaí com o rio Paraná e possui influência da dinâmica de cheia dos dois rios, podendo sofrer inundações provocadas somente pela elevação do nível do rio Ivaí ou do rio Paraná. No caso do rio Paraná, este inunda as áreas conectadas diretamente e outras pelo represamento do fluxo do rio Ivaí, que é forçado a extravasar as águas para a planície de inundação como mostra a figura 41. Essa condição torna a área de confluência mais vulnerável às inundações, tendo em vista que o regime de cheias dos rios não é coincidente, o que amplia as possibilidades de ocorrência de inundações. Por outro lado, a abrangência espacial é relativamente pequena, não resultando em grandes transtornos e perdas.



Figura 41: Inundação na zona de confluência do rio Ivaí com o rio Paraná, ocasionada pelo barramento das águas do Ivaí pelo rio Paraná.

Fonte: Recorte de imagem de satélite Landsat 5, TM 224/076. Data de passagem: 24/02/2007. Disponível em: www.inpe.br

As inundações na zona de confluência têm uma forte contribuição na evolução geomorfológica dessa área, considerando que segundo estudos de (MORAIS, 2010, p. 43) “as partes norte e sul da planície (margem direita e esquerda do rio Ivaí) constituíam uma paleodrenagem interligada”. Outro aspecto importante é a maior conectividade entre os rios Ivaí e Paraná com as áreas próximas à confluência, contribuindo sobremaneira para formação de ambientes de várzea, ricos em espécies vegetais e animais.

VI. 2 – REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DAS ÁREAS INUNDADAS

Neste trabalho, as superfícies de inundações da planície aluvial do rio Ivaí, foram estabelecidas considerando os critérios geomorfológicos e de cotas de inundações, tendo como base os dados da série hidrológica da estação de Novo Porto Taquara, cartas topográficas, levantamento SRTM e imagens de satélite Landsat, com cenas em que a planície se encontrava inundada.

É importante ressaltar que os resultados dos estudos com uso de imagens de satélite apresentam algumas limitações de acuracidade, diretamente relacionadas com a resolução espacial do sensor e com a complexidade geomorfológica da planície de inundações, como apontam Hudson & Colditz (2003). Por outro lado, as imagens de satélite são uma ferramenta extremamente versátil e no caso da planície de inundações do rio Ivaí, a única fonte de informações dos limites inundados de forma contínua e com intervalos regulares para comparações e acompanhamentos.

Os limites inundados, identificados nas imagens foram associados às cotas fluviométricas do rio Ivaí na Estação de Novo Porto Taquara, tendo como valor de referência para as inundações à cota de 9,00 metros (referência o nível zero do rio), estabelecida por Terezan (2005) em estudo de áreas inundáveis num trecho à jusante de Novo Porto Taquara.

A análise do comportamento das inundações do rio Ivaí demonstra que estas, são determinadas principalmente pelas condições de distribuição e intensidade das precipitações ao longo da bacia e pelas características morfológicas da planície aluvial, muitas associadas às modificações antrópicas. As condições hidrológicas apresentadas na zona de confluência pelo rio Ivaí e o canal receptor – rio Paraná, também exercem influência, mesmo que em intensidade e dimensão espacial menor.

A aplicação da metodologia para definição dos limites das áreas inundáveis se baseou na criação de superfícies de inundações associadas às cotas de cheia mais expressivas registradas pela estação Novo Porto Taquara, localizada a aproximadamente 70km da foz do

rio Ivaí. A localização da estação atende satisfatoriamente aos registros de cheias, visto que se encontra na porção média da planície de inundação e não registra grandes amplitudes nos valores fluviométricos médios.

A cartografia das áreas inundáveis da planície aluvial do rio Ivaí é resultado da associação das variações nas cotas fluviométricas mais expressivas, da interpretação supervisionada de imagens e da observação e entrevistas realizadas *in loco*. Embora apresente limitações, a carta de áreas inundáveis se configura como uma ferramenta indispensável para o planejamento e gestão do território. Ela permite identificar as áreas de maior relevância ecológica, reduzir os riscos à vida, diminuir perdas econômicas e ampliar as possibilidades de interação entre atividades econômicas e preservação, tendo em vista que a ocupação humana predomina em quase toda planície, sendo grande parte dela, Área de Preservação Permanente.

Os limites espaciais das inundações na planície aluvial do rio Ivaí estão representados de forma escalonada na carta (Figura 42).

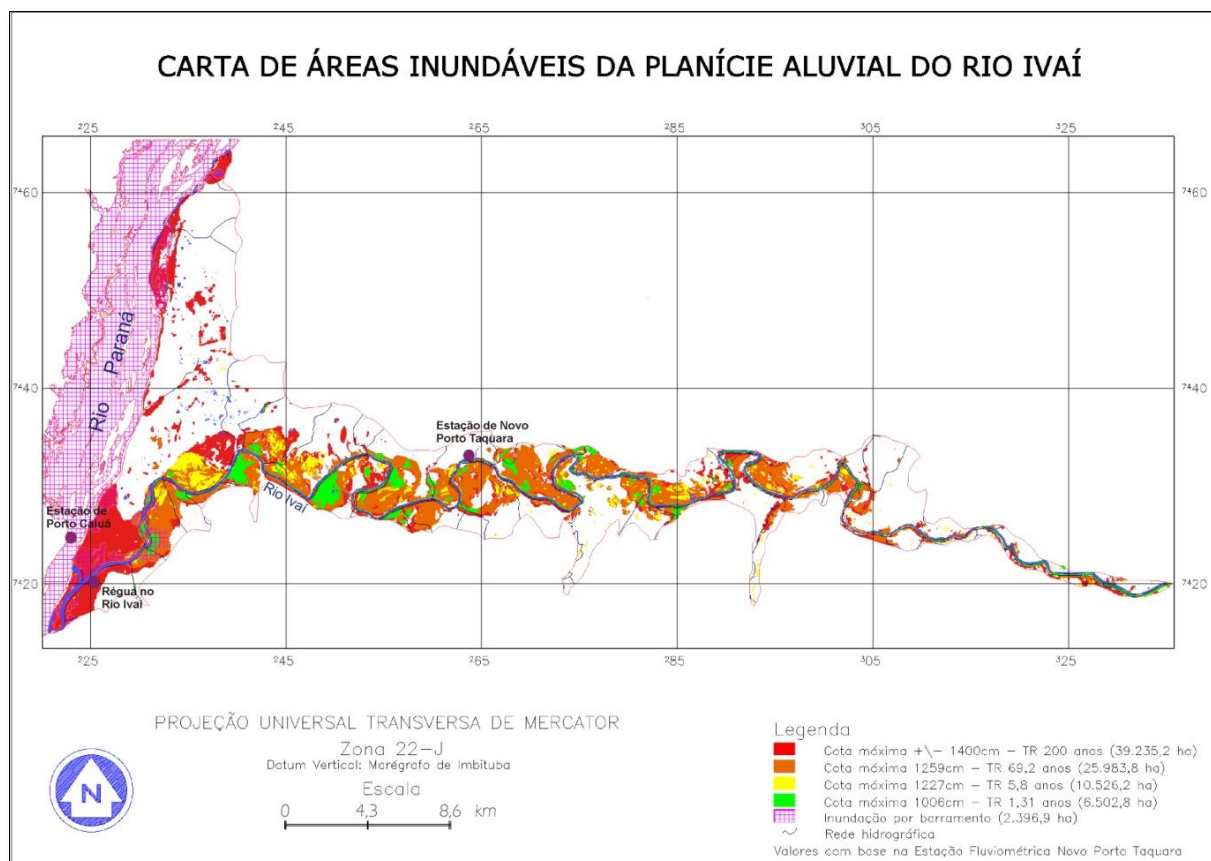


Figura 42: Carta de inundação da planície aluvial do rio Ivaí, baseada em imagens de satélite Landsat e em níveis fluviométricos da estação de Novo Porto Taquara (rio Ivaí).

Fonte: Douhi, N. (2013).

Com base na carta de áreas inundáveis percebe-se que a abrangência das inundações corresponde a pouco mais de 37% da área da planície aluvial do rio Ivaí, o que demonstra que a planície já esteve mais ativa em tempos pretéritos. Essa condição também é evidenciada com base nas características do canal fluvial, bastante encaixado e com níveis de margens plenas que podem atingir até 15 metros se considerado o dique marginal, comum em boa parte da planície de inundação.

Em relação ao tempo de recorrência percebe-se que grande parte da planície de inundação é pouco ativa, considerando que as inundações com maior abrangência espacial possuem tempo de recorrência superior a 5,8 anos e nos casos mais extremos, podendo variar entre 69,2 e 200 anos.

A área inundada com tempo de recorrência de 1,31 anos representa a porção mais ativa da planície de inundação, sendo a que oferece as condições mínimas de conectividade para construção e ou manutenção de ambientes de transição rio-planície-continente. Por outro lado, representa menos de 1% da planície aluvial, sendo, portanto, pouco significativa do ponto de vista biótico e da troca gênica. O aporte e retirada de sedimentos que possibilita a modificação morfológica também acaba sendo pouco expressivo.

As áreas inundáveis com maior representatividade espacial, cerca de 10% da planície aluvial, correspondem às cotas superiores a 12,00m, tendo um tempo de recorrência superior a 4,58 anos. Fato que contribui para ocupação de boa parte da planície de inundação, considerando que o uso para fins econômicos não é tão afetado pelas inundações se considerado o caráter temporal das ocorrências.

As inundações por barramento do rio Paraná, embora mais frequentes, afetam apenas cerca de 14 quilômetros da zona de confluência, com área correspondente a 0,23% da planície aluvial do rio Ivaí, sendo pouco representativas no contexto de totalidade.

A abrangência espacial, o tempo de recorrência e o tempo de permanência das inundações, como já discutido anteriormente é variável de acordo com as condições dos fatores determinantes (níveis dos rios Ivaí e Paraná, condições de umidade antecedente do solo da planície aluvial e concentração e intensidade das chuvas na bacia e na planície aluvial).

A umidade antecedente do solo da planície aluvial e a concentração de chuvas locais são relevantes por se tratar de planície, onde a drenagem é deficitária e gera pontos de alagamento por acumulação de água das chuvas e por contribuição da elevação do nível do lençol freático, (Figura 43). Portanto, nas condições em que há uma combinação entre o nível alto dos rios Ivaí e Paraná, umidade antecedente do solo da planície aluvial elevada e

concentração de chuvas na área do baixo Ivaí, a área de abrangência espacial e o tempo de permanência da inundação são maiores.



Figura 43: Área alagada por acumulação de água decorrente de precipitações locais intensas e por contribuição do lençol freático.
Fonte: Google earth.

Analisando a distribuição dos níveis de cheia do rio Ivaí (Figura 44), nota-se que as cheias com valores entre 9,00 e 9,99m representam 39% do total de ocorrências, portanto, as cheias superiores a 9,99m somam 61% do total, tornando-se assim, as mais importantes quanto a ocorrência, abrangência espacial, manutenção dos ambientes de conectividade, influências sobre as atividades econômicas e na vida dos ribeirinhos.

O intervalo mais representativo das cotas de inundação fica entre 10,00m e 12,00m, considerando que nestes níveis, as áreas inundadas são maiores, possibilitando o restabelecimento da conexão com paleocanais e lagoas que ainda não foram modificados pelas atividades antrópicas. Cabe ressaltar que estes níveis não apresentam sazonalidade e nem recorrência anual, fato que reduz a sua contribuição para construção e ou manutenção dos ambientes de conectividade.

Os níveis de cheia mais elevados, superiores as cotas de 12,00m representam pouco mais de 11% do total das ocorrências, sendo pouco comuns. Podem atingir patamares mais elevados da planície de inundação, contribuindo positivamente para a dinâmica natural, mas por outro lado, geram efeitos socioeconômicos mais severos, considerando que atingem um número maior de propriedades e de famílias.

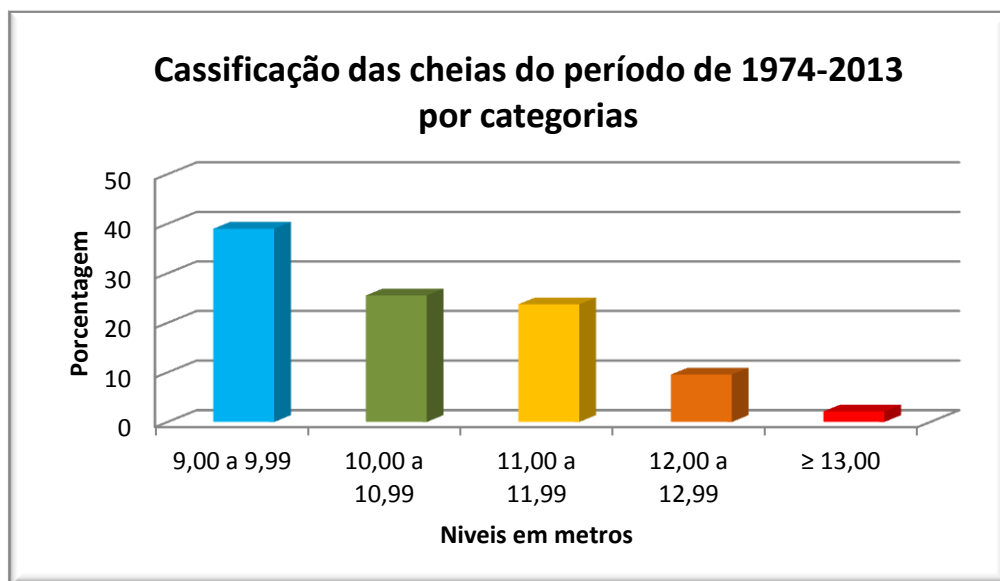


Figura 44: Classificação das cheias em porcentagem, para intervalos de elevação do nível do rio Ivaí no período de 1974 a 2013. Referência estação de Novo Porto Taquara.
Fonte: Douhi, N. (2012).

Não foram identificadas grandes discrepâncias entre as inundações regulares e as inundações extremas (maior cheia registrada 13,66m em 03/06/1992 e maior cheia estimada 14,00m em 01/06/1983). Essas condições de relativa previsibilidade favorecem o planejamento das ocupações e das atividades produtivas, além de reduzirem em parte as preocupações dos moradores quanto aos riscos sociais e econômicos.

É fundamental para área, a implementação de Políticas Públicas Municipais, Estaduais ou Federais de planejamento e, que estas considerem as informações sobre a dinâmica das inundações e sua abrangência espacial, o que define efetivamente a planície de inundação.

A questão que merece ser indagada é quanto à legalidade das ocupações das várzeas e demais áreas que compreendem a planície de inundação do rio Ivaí. Estas áreas com base nos incisos I e III do Art. 2º, incisos I e II do Art. 3º da Resolução CONAMA Nº303 e nos incisos I e XI do Art. 4º do Código Florestal Brasileiro, Lei 12.651 (ainda sem regulamentação), constituem áreas de Preservação Permanente e, portanto, não poderiam estar ocupadas com atividades econômicas.

A adequação dos usos e o cumprimento dos aspectos legais quanto à preservação ambiental, são fundamentais para a manutenção das condições mínimas necessárias para os processos naturais presentes na planície de inundação do rio Ivaí. Cabe ainda destacar, que a partir do conhecimento dos limites inundados é possível estabelecer um zoneamento para área, contribuindo não somente para o planejamento de uso, como para redução dos riscos das inundações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos buscados por este trabalho, fundamentados pelas abordagens amplas e interdependentes permitiram muitas constatações, entre elas, a de que sempre estamos construindo o conhecimento que não se finaliza, mas abre novas possibilidades de análise.

A representação dos limites inundáveis na planície aluvial do rio Ivaí nos seus diferentes níveis, a definição dos fatores de controle, do comportamento e da recorrência das inundações que representaram o propósito principal das análises e argumentações presentes neste trabalho, permitiram resultados de grande relevância.

Contatou-se que a planície de inundação do rio Ivaí representa pouco mais de 37% da planície aluvial do rio Ivaí, sendo menor ainda, se consideradas apenas as áreas mais ativas.

Na análise do comportamento fluvial do rio Ivaí e das inundações que ocorrem na planície aluvial, foi possível perceber a intrínseca relação do rio com a bacia como um todo, visto que o comportamento fluvial não se define por variáveis pontuais. Percebe-se que as cheias do rio Ivaí são fortemente influenciadas pelas características das precipitações de maior intensidade que ocorrem na bacia, havendo relação direta entre as maiores inundações e os períodos de chuvas mais concentradas (maior intensidade).

No que tange os eventos de *El Niño* e *La Niña*, nota-se clara relação nos volumes anuais e na distribuição das precipitações na bacia. Entretanto, não há relação direta entre anos com *El Niño* e maior ocorrência de inundações, embora as maiores inundações tenham ocorrido em anos com atuação de *El Niño*.

O comportamento fluvial do rio Ivaí apresenta respostas rápidas e consequentemente, a predominância de inundações de curta duração, cerca de 68% delas com até três dias, tendo como principais fatores de contribuição as variáveis pluviométricas e morfométricas da bacia, além de outros, como os tipos de solo, geologia e condições de uso.

No que concerne à carga sedimentar, há evidências de redução, tendo em vista que nas últimas décadas vários projetos de controle de erosão e de manejo das áreas agrícolas vêm sendo implementados no estado do Paraná. Há ainda, a contribuição do aumento das áreas de preservação permanente e das reservas legais das propriedades, considerando que a legislação ambiental tem sido aplicada de forma um pouco mais efetiva, além da própria conscientização da população sobre a preservação e a adoção de práticas conservacionistas.

Foram identificadas diferentes formas de controle das inundações, algumas naturais outras antrópicas. Estes controles exercem um papel que tanto pode influenciar na ocorrência das inundações em algumas áreas, quanto pode impedir que elas ocorram.

A avaliação quanto aos efeitos dos sistemas de controle, e se podem ser considerados positivos ou negativos, varia de acordo com os interesses e interpretações. Se considerarmos a importância das inundações para construção e manutenção de ambientes naturais da planície de inundação, grande parte dos sistemas de controle, principalmente antrópicos, podem ser considerados negativos, já que buscam evitar as inundações. Do ponto de vista econômico e de produção, tais sistemas de controle permitem o uso das áreas e ampliam a produção e a renda das famílias, daí seu efeito positivo.

Ainda sobre os sistemas de controle antrópicos, na maioria são ilegais e sem planejamento, fator que contribui para seus impactos negativos e os questionamentos quanto às condições de sua implantação.

Na zona de confluência foram identificados controles de barramento, tanto por parte do rio Paraná, que contribui para as ocorrências de inundações na área de confluência, quanto do rio Ivaí, o qual em condições de cheia promove o fluxo negativo no canal do rio Paraná, receptor das águas do rio Ivaí. Estas características de comportamento já haviam sido registradas em outros tributários do rio Paraná, porém, com esta pesquisa, foi possível confirmar este comportamento também no rio Ivaí.

Em relação aos usos que predominam na planície aluvial, pode-se avaliar que embora haja a predominância da pecuária em mais de 42% da área, o cultivo de arroz irrigado vem ganhando espaço, representando mais 15% da área da planície aluvial. Esta constatação é importante, pois destaca duas situações antagônicas, a primeira que aponta o crescimento da produção e da economia local, e a segunda, que aponta para o aumento da exploração de áreas de alta fragilidade ambiental e em muitos casos, dentro dos limites da área de preservação permanente. Há ainda, efeitos negativos ligados à emissão de resíduos de produtos tóxicos e fertilizantes utilizados no cultivo do arroz que são liberados com a água diretamente para o rio Ivaí.

As análises das cotas de inundação permitiram identificar os valores de maior relevância espacial e o tempo de recorrência para cada evento extremo. Percebe-se que o maior número de ocorrências de inundações do período de 1974 a 2013 concentra-se entre as cotas 10 e 12 metros, ocupando áreas que podem chegar a 10% da planície aluvial. Entretanto, o tempo para recorrência destas cotas é maior, entre 1,35 e 4,5 anos. As cotas entre 9,00 e 10,00m apresentam maior recorrência, com tempo de até 1,35 anos, porém, atingem áreas

muito restritas da planície aluvial e com tempo de permanência curto, tendo pouca contribuição do ponto de vista natural, especialmente para criação dos ambientes de conectividade. As cotas superiores a 13,00m representam os eventos raros ou excepcionais e embora promovam a inundação de grandes áreas e gerem muitas perdas, apresentam um tempo de recorrência superior a 16 anos.

A definição dos limites espaciais inundados por meio da carta de inundação representa uma contribuição significativa deste trabalho, tanto como subsídio para posteriores estudos, como principalmente, configura uma ferramenta indispensável para o planejamento e gestão do território. A carta de inundação permite identificar as áreas de maior relevância ecológica, econômica e aquelas que oferecem maiores riscos à vida. Permite diminuir perdas econômicas e ampliar as possibilidades de interação entre as atividades econômicas e preservação ambiental, tendo em vista que a ocupação humana predomina em quase toda planície de inundação.

Os limites inundados estabelecidos na carta de inundação, embora mantenham relação com os níveis fluviométricos verificados na estação de Novo Porto Taquara, representam condições associadas a alguns eventos elencados como mais importantes, tendo como critério, a possibilidade de imagens de satélite para tais eventos. Portanto, as superfícies inundáveis para cotas com intervalos específicos, necessitam de informações mais detalhadas e que para este trabalho não foram possíveis, principalmente no aspecto geomorfológico, que carece de informações com escala de detalhe na ordem de centímetros.

Embora existam limitações nos resultados apresentados neste trabalho, é importante destacar a relevância do tema e suas contribuições, além disso, as indagações que ficarem sem resposta devem instigar novas descobertas científicas. Afinal, ciência é a busca de respostas para as contradições, e àquilo que nos inquieta.

Entre as sugestões para pesquisas futuras estão:

- Analisar o tempo de permanência das inundações de acordo com as cotas de cheia atingidas;
- Avaliar as condições de preservação e o nível de compreensão dos ribeirinhos quanto as Áreas de Proteção Permanente e Unidades de Conservação;
- Analisar o comportamento da curva de permanência das vazões do rio Ivaí;
- Avaliar o nível de contaminação da água do rio Ivaí em decorrência das atividades agropecuárias em especial a rizicultura.

REFERÊNCIAS

- AB`SABER, A. N. O Suporte Geoecológico das Florestas Beiradeiras (Ciliares), In: RODRIGUES R. R. & LEITÃO FILHO H. F. (Editores). **Matas Ciliares, Conservação e Recuperação**, 2 Edição, Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, 2001.
- AB`SABER, A. N. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação. **Geomorfologia**, São Paulo, v.53, p.1-23, 1977. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/54399216/Ab-Saber-1977-Dominios-Morfoclimaticos-Na-America-Do-Sul-Geomorfologia-52-1>>. Acesso em: 23 de Nov. de 2012.
- ACKLAS JR., R.; ETCHEBEHERE, M. L. C.& CASADO, F. C. Análise de perfis longitudinais de drenagens do Município de Guarulhos para a detecção de deformações neotectônicas. **Revista UnG – Geociências**, v. 6, n. 8, p. 64-78, 2003.
- AMARAL, R. & RIBEIRO, R. R. Inundações e enchentes. In: Tominaga, L. K. *et al.* (orgs). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.
- AMORIM, F. B. **Impacto da adoção de vazões ecológicas no baixo curso do rio São Francisco sobre a geração hidrelétrica**. 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Urbana, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.
- ANDRADE, A. R. **Variabilidade da precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí – PR**. 2002. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2002.
- 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, n. 52, p. 7-30, 2003.
- ANTONELI, V. **Dinâmica do uso da terra e a produção de sedimentos em diferentes áreas fontes na Bacia Hidrográfica do Arroio Boa Vista – Guamiranga - PR**. 2011. 354 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- ANUNCIAÇÃO, P. E. M. **Meteorologia para agricultura**. Maringá: Gráfica Clichetec, 1984.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Difel, 1986.
- BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí**. 2006. 153 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação e Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.
- BALLAIS J. L., *et al.* La Méthode Hydrogéomorphologique de Détermination des Zones Inondables. **Physio-Géo: Géographie Physique et Environnement**, Collection “Ouvrages”. França, 2011.

BARROS, C. S. **Dinâmica sedimentar e hidrológica na confluência do rio Ivaí com o rio Paraná, município de Icaraíma - PR**. 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

BENATTI, J. H. Unidades de conservação e as populações tradicionais: uma análise jurídica da realidade brasileira. **Paper do NAEA 098**, p. 1-17, Belém, julho de 1998. Disponível em: <<http://www.ufpa.br/naea/pdf.php?id=175>>. Acesso em 15 de jul. de 2012.

BERTALANFFY, L. V. **General System Theory. Foundations, development and applications**. New York: George Braziler, 1968. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/93285373/Bertalanffy-Ludwig-Von-1968-General-System-Theory-Foundations-Development-Applications>>. Acesso em 23 de fev. de 2013.

BIAZIN, P. C. **Característica sedimentar e hidrológica do rio Ivaí em sua foz com o rio Paraná, Icaraíma-PR**. 2005. 72 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

BIGARELLA, J. J. *et. al.* **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, v. 3 (p. 877-1436), 2003.

BIGARELLA, J. J. Variações climáticas no Quaternário e suas implicações no revestimento florístico do Paraná. **Boletim Paranaense de Geografia**, n.10 a 15, p. 211-231, Curitiba, 1964.

BITTENCOURT, A. V. L. Transporte de sólidos na bacia hidrográfica do rio Ivaí. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n 35, 1982.

BRAGAGNOLO, N. & PAN, W. **A experiência de programas de manejo e conservação dos recursos naturais em microbacias hidrográficas: uma contribuição para o gerenciamento dos recursos hídricos**, IPARDES, Curitiba, 2001.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Publicado no **Diário Oficial da União**, de 28 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 05 de jun. de 2013.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Publicado no **Diário Oficial da União**, de 18 de julho de 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em: 12 de jan. de 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. Estabelece a classificação das águas no Território Nacional. Publicado no **Diário Oficial da União**, de 30 de junho de 1986. Disponível em: <www.natal.rn.gov.br/arsban/paginas/File/legislacao/ResolucaoConama20-1986.pdf>. Acesso em: 15 de jan. de 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Publicado

no **Diário Oficial da União**, de 13 de maio de 2002. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=274>>. Acesso em: 23 de jul. de 2013.

CANE, M. A. Understanding and predicting the world's climate system. In: **Applications of seasonal climate forecasting in agricultural and natural ecosystems**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. p. 29-50, 2000.

CALHEIROS, R. V.& SILVA DIAS, P. L. Como prever melhor. **Climanálise**. Brasil, v. 3, p. 31-32, fev, 1988.

CHRISTOFOLLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgar Blücher, 1981.

COELHO, A. R. **Dinâmica fluvial e qualidade da água da bacia de drenagem do ribeirão Maringá: contribuição para o planejamento e gestão ambiental**. 2007. 139 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

COMUNELLO, E. **Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do alto rio Paraná**. 2001, 47 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2001.

CORRADINI, F. A. **Processos de conectividade e a vegetação ripária do alto rio Paraná - MS**. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

DESTEFANI, E. V. **Regime hidrológico do rio Ivaí-Pr**. 2005. 91 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

DIAGNÓSTICO DO APROVEITAMENTO DO BAIXO CURSO DO RIO IVAÍ PARA TRANSPORTE E GERAÇÃO DE ENERGIA. São Paulo: THEMAG/PROENSI, 1984. V. 1.

DIAGNÓSTICO DO APROVEITAMENTO DO BAIXO CURSO DO RIO IVAÍ PARA TRANSPORTE E GERAÇÃO DE ENERGIA. São Paulo: THEMAG/PROENSI, 1984. V. 2.

DOUHI, N. **Análise das condições físico-ocupacionais e suas implicações no comportamento hídrico da bacia hidrográfica do Rio Xaxim – Prudentópolis –Pr**. 2004. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 Edição. Rio de Janeiro, 2006.

____. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Paraná**, Curitiba, EMBRAPA SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1981.

FORTES, E. *et al.* Anomalias de drenagem e controles morfotectônicos da evolução dos terraços do baixo curso do rio Ivinhema – MS. **Geociências**, v. 26, p. 249-261, 2007.

FERNANDES L. A. **A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema SP: os grupos Bauru e Caiuá.** 1992. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

FUGITA, R. H. **O perfil longitudinal do rio Ivaí e sua relação com a dinâmica de fluxos.** 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

FRANÇA, L. A. M. **Fotografia panorâmica do Salto Barão do Rio Branco – rio dos Patos.** 2009. Disponível em: <<http://www.panoramio.com/photo/621976>>. Acesso em: 22 de jan. de 2012.

FRANCO, A. L. A. **Análise da dinâmica e estrutura de fluxo e da morfologia da confluência dos rios Ivaí e Paraná, PR/MS.** 2007. 97 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2007.

GAAY, A. C. & BLOKLAND, P. The canalization of the lower Rhine. **Rijkswaterstaat Communications**, n. 10, 1970.

GARRY G. - **Photo-interprétation et cartographie des zones inondables.** Paris: Édit. STU, 1985.

GODOY, A. M. G. & SILVA, P. B. Reforma agrária: uma história de desenvolvimento de Querência do Norte – Paraná. **RACE**, Unoesc, v. 7, n. 2, p. 131-148, jul./dez. 2008.

GOOGLE EARTH. Visualização e obtenção de informações espaciais. Software livre disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/index.html>>. Acesso em: 21 de jan. de 2011.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Beltrand Brasil, 1996.

HARACENKO, A. A. S. **O processo de transformação do território do noroeste do Paraná e a construção das novas territorialidades camponesas.** 2007. 627 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2007.

HUDSON, P. F. & COLDITZ, R. R. Flood Delineation in a Large and Complex Alluvial Valley, Lower Pánuco Basin, Mexico. **Journal of Hydrology**, v. 280, n.1, p. 229 – 245, 2003. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169403002270>>. Acesso em: 12 de maio de 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/Manual_Tecnico_da_Vegetacao_Brasileira_n_48361.pdf>. Acesso em: 12 de dez. de 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População brasileira**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/>>. Acesso em: 12 de jun. de 2011.

IBGE/EMBRAPA. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro. Diretoria de geociências, 2001. 1 mapa, color. Escala: 1: 5.000.000.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de imagens**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>>. Acesso em: 05 de jan. de 2011.

ITCG. Instituto de Terras Cartografia e Geociências. **Produtos cartográficos**. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>>. Acesso em: 03 maio de 2011.

JUNK, W. J. *et al.* The flood pulse concept in river-floodplain system. **Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences**. n. 106, p. 110-127, 1989.

KONRATH, P & KONRATH, R. [Entrevista concedida em 20 de abril de 2001]. In: HARACENKO, A. A. S. **O processo de transformação do território do noroeste do Paraná e a construção das novas territorialidades camponesas**. 2007. 627 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia Humana da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2007.

KOSERA, C. **Florística e fitossociologia de uma formação pioneira com influência fluvial e de uma estepe gramíneo - lenhosa em diferentes unidades geopedológicas, município de Balsa Nova, Paraná-Brasil**. 2008. 267 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

KUERTEN, S. **Variação longitudinal das características sedimentares e hidrológicas do rio Ivaí-PR em seu curso inferior**. 2006. 75 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

_____. Variação das características hidrossedimentares e geomorfologia do leito do rio Ivaí – Pr, em seu curso inferior. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 28, n. 2, p. 143-151, 2009.

LAMBERT, R. Pour une approche géographique du temps de retour des averses et de crue. In: **Colloque de Vernet**, l'Aiguat del 40, les inondations catastrophiques, Univ. de Perpignan, 1990.

_____. **Géographie du Cycle de L'Eau**, Toulouse: Presses Universitaires Du Mirail, 1996.

LAMBERT, R.; GHOLAMI, M. & PRUNET, C. **Métodologie pour une Cartographie Informative des Zones Inondables en Midi-Pyrénées**, Toulouse: Université Toulouse II / DIREN Midi-Pyrénées, 1998.

LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C. & SINHA, R. Grandes sistemas fluviais tropicais: uma visão geral. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 6 n. 1, p. 01-18, 2005.

LELI, I. T. **Variação espacial e temporal da carga suspensa do rio Ivaí**. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

LEOPOLD, L. *et al.* **Fluvial processes in geomorphology**. New York: Dover Publications, 1964.

LIBERALI, L. **Estudo fitossociológico da vegetação do cerrado de Campo Mourão**. 2003. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

LIMA, W. P. & ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/Fapesp, cap. 3, p. 33-44, 2000.

MAACK, R. Notas preliminares sobre clima, solos e vegetação do Estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 2, p. 101-200, 1948.

MAACK, R. **Geografia física do Paraná**. 2 ed. Rio de Janeiro: J. Olimpio, 1981.

MASSON, M. **Essai de cartographie des champs d'inondation par photointerprétation**. Rapport. CÉTE Méditerranée-STU, Aix-en-Provence, 1983.

MENDONÇA, F. A. Contribuição do zoneamento climático na elaboração do diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas: o exemplo da bacia do Rio Tibagi – PR. **Boletim Climatológico**. Presidente Prudente, v. 2, n. 3, p. 118-121, 1997.

MENDONÇA, F. & DANNI OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções básicas e clima do Brasil**. Curitiba: Ed. Contexto, 2007.

MEURER, M. **De l'hydro-écorégion au tronçon fluvial: recherche méthodologique. Le cas du bassin versant de l'Ivaí, État du Paraná, Brésil**. Tese de Doutorado (Doctorat em Géographie, Aménagement et Urbanisme), Lyon: Université Lumière Lyon 2, 2008.

_____. **Regime de cheias e cartografia de áreas inundáveis no alto rio Paraná, na região de Porto rico – Pr**. 2004. 56 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

MINEROPAR. **Atlas geológico do estado do Paraná**. Curitiba, 2001. Disponível em:< <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=96>>. Acesso em: 15 de abril de 2011.

MONTEIRO, C. A. F. O estudo geográfico do clima. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, UFSC, ano1, n.1, maio de 1999.

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**. 2010. 64 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

NAIMAN, R. J. & DÉCAMPS, H. The ecology of interfaces: riparian zones. **Annual Review Ecological System**, Palo Alto, v. 28, p. 621–658, 1997.

NANSON, G. C. & CROKE, J. C. A genetic classification of floodplains. **Geomorphology**, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, v. 4, p. 459-486, 1992. Disponível em: <https://webpace.utexas.edu/hudsonpf/classes/grg338c/schedule/fluvial_readings_2010/Nanson_Croke_floodplain-styles.pdf>. Acesso em: 18 de jun. de 2011.

NEIFF, J. J. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. **Interciencia**, Venezuela, v. 15, n. 6, p. 424-441, 1990.

NEIFF, J.J. *et al.* Large Tropical South American Wetlands: An Overview. (ed.) In: LINK G. L. & NAIMAN, R. J. **The Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones: proceedings book**. Seattle, University Washington, 1994, p.156-165.

NEIFF, J. J. *et al.* Método para la medición de la conectividad entre processos hidrológicos y geomorfológicos en ríos entrelazados. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 6 n. 1, p. 75-83, 2005.

NERY, J. T.; SILVA, W. C. & MARTINS, M. L. O. F. Aspectos geográficos e estatísticos da precipitação do Estado do Paraná. **Revista Usimar**. v. 18 n. 4, p. 777-789, 1996.

NERY, J. T. *et al.* Alguns Fenômenos Meteorológicos. **Apontamentos**, nº 107, Janeiro/92, Maringá, EDUEM, 1992.

NERY, J. T. & MARTINS, M. L. O. F. Variabilidade interanual: Oscilação Sul – El Niño. **Apontamentos**, nº 75, Abril/ 2º Quinzena, Maringá, EDUEM, 1998.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente (SUPREM). Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1979.

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-Pr**. 2008, 65 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

PARANÁ. Decreto nº 387 de 03 de março de 1999. Decreto de Criação do SISLEG. **Diário Oficial**, Curitiba 03 de mar. de 1999.

ROCHA, P. C. **Dinâmica dos Canais no Sistema Rio-Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico – PR**. 2002, 169 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2002.

RODRIGUES, C. & ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B.(Org.). **Praticando a Geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, v1, p. 147-166, 2005.

ROSS, J. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: Edusp. n. 6, p. 17-30, 1992.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e organização do espaço. **Boletim de Geografia**. Maringá, ano 16, n. 1, p. 119-131, 1998.

SANTOS, L. J. C *et al.* Mapeamento geomorfológico do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7, n. 2, p. 3-12, 2006.

SANTOS, M. L. Unidades Geomorfológicas e depósitos sedimentares associados no sistema fluvial do rio Paraná no seu curso superior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 6, n. 1, p. 85-96, 2005.

SANTOS M. L.; LENZI, E. & COELHO, A. Ocorrência de metais pesados no curso inferior do rio Ivaí, em decorrência do uso do solo em sua bacia hidrográfica. **Acta Scientiarum**, v. 30 n.1, p. 99-107, 2008a.

SANTOS M. L.; STEVAUX, J. C; SOUZA FILHO, E. & GASPARETTO N. V. L. Geologia e Geomorfologia da Planície Aluvial do Rio Ivaí. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Uberlândia, v. 9, n. 1, p. 23-34, 2008b.

SANTOS, V. D. Aspectos fitogeográficos e ecológicos da vegetação natural do Estado do Paraná. **Geojandaia**, Revista de geografia. Jandaia do Sul. v. 1, n. 1, p. 15-37, 2001.

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K. & STEVAUX, J. C. Proposição Formal do Alogrupo Alto Rio Paraná (SP, PR e MS). **Geol. USP Sér. Cient.**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 49-70, out. 2007. Disponível em: <www.igc.usp.br/geologiausp>. Acesso em: 20 de jan. de 2012.

SEMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Bacias hidrográficas do Paraná**: série histórica. Curitiba: SEMA, 2010.

SILVA, C. L. **Sobreviventes do extermínio**: uma etnografia das narrativas e lembranças da sociedade Xetá. 1998. 290 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Florianópolis, Florianópolis, 1998.

SOARES, O. M. M. **Bases ecológicas da atividade agrária em Loanda – Pr.** 1973. 173 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1973.

SOARES, P. C.; BARCELOS, P. E. & CSORDAS, S. M. **Análise, interpretação e integração de lineamentos a partir de imagens (Radar-Landsat) e suas relações com a tectônica da bacia do Paraná**. São Paulo: Relatório RT 342/82. PAULIPETRO - Consórcio SESP/IPT, 1982.

SRTM. **Shuttle Radar Topography Mission**. Global Land Cover Facility. Disponível em: <<http://glcf.umiacs.umd.edu>>. Acesso em 05 de jan. de 2011.

STANLEY, G.V. *et al.* An ecosystem perspective of riparian zones. **BioScience**, v. 41 n. 8, p. 540-51. 1991.

STEVAUX, J.C.; FRANCO A. A.; ETCHEBEHERE, M. L. C. & FUGITA, R. H. Flow structure and dynamics in large tropical river confluence: example of the Ivaí and Paraná rivers, southern Brazil. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 28, n. 1, p. 5-13, 2009.

STEVAUX, J. C. The upper Paraná river (Brasil): Geomorphology, Sedimentology and Paleoclimatology. **Quaternary International**. v. 21, 1994.

STRECK, N. A. *et al.* Temperatura mínima de relva em Santa Maria, RS: climatologia, variabilidade interanual e tendência histórica. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 696-706, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052011000300028&script=sci_arttext#tab04>. Acesso em: 02 de jan. de 2012.

STUDZINSKI, C. D. S. **Um estudo da precipitação na região sul do Brasil e sua relação com os oceanos Pacífico e Atlântico Tropical e sul**. 1995. 99 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995.

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Atlas de recursos hídricos do estado do Paraná**. Curitiba: SUDERHSA, 1998. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=73>>. Acesso em: 02 de maio de 2011.

TEDESCHI, R. G. **Impacto de episódios el niño e la niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação e vazão na América do Sul**. 2008. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia em Recursos Hídricos e Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

TEREZAN, E. L. **Delimitação do leito maior do baixo rio Ivaí e estabelecimento de sua sazonalidade**. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

TETAMAUARA. **Rio Ivaí**. Informação postada em 1 de março de 2011. Disponível em: <<http://tetamauara.blogspot.com/2011/03/rio-ivai.html>>. Acesso em: 20 de jan. de 2012.

THOMAZ, S.M. *et al.* Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: VAZZOLER, A. E. A. M. *et al.* (Ed.). A planície de inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: Eduem, 1997.

TRENBERTH, K. E. The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**. Colorado, v. 78, n. 12, p. 2771-2777, 1997.

TROPPEMAIR, H. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro, 2000.

TUCCI, C. E. M. Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, ABRH, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 61-68, 2000.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 1997.

USGS. United States Geological Survey. Disponível em: <<http://glovis.usgs.gov/>>. Acesso em: 07 de mar. de 2012.

VIADANA, A. G. **A teoria dos refúgios florestais aplicada ao Estado de São Paulo**. 165 f. Tese (Livre Docência em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, 2000.

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

ZALEWSKI, M. Ecohydrology - the use of ecological and hydrological processes for sustainable management of water resources. Hydrological Sciences - **Journal des Sciences Hydrologiques**, v. 47 n. 5, p. 823-832, October, 2002.

ZALEWISKI, M., JANAUER, G. A. & JOLANKAI, G. Ecohydrology: a new paradigm for the sustainable use of aquatic resources. UNESCO IHP Tech. Document in Hydrology, nº. 7, **IHP-V** Projects 2.3/2.4, UNESCO, Paris, 1997.

WARD, J. V. & STANFORD, J. A. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. In: **River research and applications**. Manage, v. 10, p. 159-168, 1995.