

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE  
CAMPUS DE FRANCISCO BELTRÃO - PR  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS - CCH  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG

LEANDRO NERI BORTOLUZZI

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DO CANAL FLUVIAL EM TRECHOS  
ADJACENTES A PONTES, PONTILHÕES E BUEIROS NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III - OESTE DO PARANÁ**

Francisco Beltrão - PR

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE  
CAMPUS DE FRANCISCO BELTRÃO - PR  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS - CCH  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG

LEANDRO NERI BORTOLUZZI

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DO CANAL FLUVIAL EM TRECHOS  
ADJACENTES A PONTES, PONTILHÕES E BUEIROS NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III - OESTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada como requisito obrigatório a obtenção do grau de Mestre em Geografia, Curso de Pós-Graduação em Geografia. Área de concentração Produção do Espaço e Meio Ambiente, da UNIOESTE.

Orientador: Prof. Dr. Oscar Vicente Quinonez Fernandez

Francisco Beltrão - PR

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

B739a	<p>Bortoluzzi, Leandro Neri</p> <p>Avaliação da estabilidade do canal fluvial em trechos adjacentes a pontes, pontilhões e bueiros na Bacia Hidrográfica do Paraná III - Oeste do Paraná / Leandro Neri Bortoluzzi. - Francisco Beltrão, 2012</p> <p>90 p.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Oscar Vicente Quinonez Fernandez</p> <p>Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Francisco Beltrão, 2012.</p> <p>1. Estabilidade dos canais fluviais. 2. Estruturas de transposição do talvegue. 3. Bacia Hidrográfica do Paraná III. 4. Processos fluviais. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.</p> <p>CDD 22.ed. 551.483 CIP-NBR 12899</p>
-------	--

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini Leitzke CRB-9/539

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS – CCH  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – NÍVEL DE MESTRADO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DO CANAL FLUVIAL EM TRECHOS  
ADJACENTES A PONTES, PONTILHÕES E BUEIROS NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III – OESTE DO PARANÁ

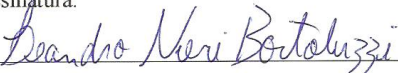
**Autor:** Leandro Neri Bortoluzzi

**Orientador:** Prof. Dr. Oscar Vicente Quinonez Fernandez


Este exemplar corresponde à redação final da  
Dissertação defendida por Leandro Neri Bortoluzzi e  
aprovada pela comissão julgadora.

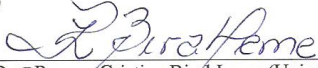
Data: 03 / 05 / 2012

Assinatura:

  
\_\_\_\_\_

Comissão Julgadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Oscar Vicente Quinonez Fernandez (Unioeste –  
M.C.R)

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Rosana Cristina Biral Leme (Unioeste – F.B)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Leandro Redin Vestena (Unicentro)

Zaneide Tramontin Bortoluzzi (mãe),  
Neri Bortoluzzi (pai) e  
Lilian Bortoluzzi (irmã).  
Amor incontestável.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer principalmente aos meus pais, senhor Neri, senhora Zaneide e irmã Lilian. O amor incondicional e o apoio imensurável destas pessoas formaram as forças que me trouxeram até aqui. Porém muitas outras pessoas foram sujeitos no processo de construção deste conhecimento.

Agradeço o apoio incondicional exercido pelo meu orientador Oscar Vicente Quinonez Fernandez, que mesmo antes do início desta empreitada sempre se mostrou disposto a ajudar e contribuir com o seu conhecimento para minha evolução acadêmica, um ser extremamente profissional, antes de tudo, um amigo.

Os meus colegas de mestrado também merecem agradecimentos, colegas estes que compartilharam momentos difíceis e alegres durante todo o tempo recorrente do mestrado.

Não apenas colegas, mas também todos os meus amigos, sendo eles de Marechal Cândido Rondon, Francisco Beltrão ou São Miguel do Iguçu. Principalmente: Suzana, Diane, Janice, Jéssica, Karoline, Mariangela, Michele, Solange, Teresa, Vanderléia, Anderson, Alexandre, Djeovani, Djoni, Edenilson, Fernando, Gabriel, Leandro e Marcelo que estiveram diretamente ligados de uma forma ou outra com tudo isso.

Agradeço ainda aos companheiros de AGB Marechal Cândido Rondon e GEA que sempre estiveram apoiando todo o processo e a Deus, seja qual for o modo que seja chamado, a força maior que nos concede a vida e toda sua graça.

“Desafio  
A vida bloqueada  
instiga o teimoso viajante  
a abrir nova estrada”.

HELENA KOLODY

## RESUMO

As obras de engenharia como pontes, pontilhões, bueiros tubulares de concreto e bueiros celulares de concreto são consideradas estruturas de transposição do talvegue. Elas têm como objetivo permitir a passagem de um curso d'água abaixo e alteram as condições naturais dos rios, acarretando mudanças nos processos fluviais. O nível de estabilidade das margens e leitos fluviais em torno das estruturas de transposição do talvegue foi avaliado na bacia hidrográfica do Paraná III, Oeste do Paraná, adotando a metodologia de Johnson (2006). A região é caracterizada pelo afloramento de rochas basálticas de idade cretácea que integra a unidade morfoescultural do Terceiro Planalto Paranaense, sub-dividido na área em apreço em quatro sub-unidades: Planaltos de Cascavel, São Francisco, Campo Mourão e Foz do Iguaçu. O grau de estabilidade do leito e das margens foi analisado em 46 pontos (18 pontes, 15 bueiros em célula de concreto, sete bueiros tubulares de concreto e seis pontilhões). Foram alvo dos levantamentos as estruturas situadas em estradas federais, estaduais e municipais asfaltadas posicionadas fora das áreas urbanas. Dentre os pontos observados, 14 estruturas foram classificadas como de nível excelente de estabilidade e 32 como de nível bom. Não houve nenhum ponto com estabilidade regular ou ruim. O predomínio de Latossolos e Nitossolos na área de estudo proporcionou estabilidade física nas margens dos cursos de água que em sua maioria apresentam fases com 90° de declividade. Com este estudo pode-se identificar as condições de estabilidade das estruturas de transposição do talvegue dentro da bacia do Paraná III. Foi constatado que nos bueiros (tubulares ou celulares), a estabilidade dos canais tende a ser menor do que nas pontes e pontilhões.

**PALAVRAS CHAVE:** Estruturas de transposição do talvegue; Estabilidade dos canais fluviais; Bacia Hidrográfica do Paraná III; Processos fluviais.



## **ABSTRACT**

Evaluation of the channel stability in bridges and culverts in Paraná III watershed,  
Western Paraná State, Brazil

The bridges and culverts alter the natural conditions of rivers, causing changes in fluvial processes. The level of stability of river banks and beds around crossing structures was evaluated in the Paraná III watershed, Western region of Paraná State (Brazil), adopting the methodology of Johnson (2006). The study area is characterized by outcrops of basaltic rocks of Cretaceous age. The degree of channel stability was analyzed at 46 structures (18 bridges, 15 culverts box, 7 culverts pipe and 6 small bridges). We selected all crossings structures located in the Paraná Basin III along paved roads, positioned outside the urban area. Among the crossings structure, 14 were classified as excellent level of stability and level 32 as good. There was no point with fair or poor stability. The predominance of soils with low erodibility (Oxisols and Ultisols) derived from basaltic rocks provide greater stability to streams banks which mostly show vertical phases. It was noted that in culverts (box and pipe), the stability of channels tends to lower than the bridges.

**KEYWORDS:** Stream crossings structures, Channel stability, Paraná III watershed; fluvial processes

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Destruição total de ponte na cidade de Palmares (PE) (Foto: Oscar Vicente Quinonez Fernandez, data: junho de 2010). 17
- FIGURA 2 - Esquema de erosão do aterro da ponte em uma margem devido migração lateral do canal. Elaboração: Leandro Neri Bortoluzzi. 21
- FIGURA 3 - Exemplo esquemático da formação de uma lagoa de saída a jusante de um bueiro. Elaboração: Leandro Neri Bortoluzzi. 24
- FIGURA 4 - Esquema representativo da inundação a montante de uma obra de transposição do talvegue. Elaboração: Leandro Neri Bortoluzzi. 25
- FIGURA 5 - Estruturas analisadas neste estudo, onde, A/ponte (Ponto 15, rio Guaçu, PR 239), B/pontilhão (Ponto 19, arroio Fundo, rodovia municipal de Marechal Cândido Rondon), C/bueiro tubular de concreto (Ponto 13, córrego Quatro Pontes, BR 163) e D/bueiro celular de concreto (Ponto 10, córrego Guavirá, BR 163). (Fotos: Leandro Neri Bortoluzzi, datas: A - 02/12/2010, B - 02/12/2010, C - 25/10/2010, D - 02/12/2010 ). 26
- FIGURA 6 - Morfologia da seção longitudinal e em planta de cada tipo de canal segundo a classificação de Montgomery e Buffington (1997). A — cascade (cascata); B — step – pool (degraus); C — plane – bed (leito plano); D — pool – riffle (sequência de soleiras e depressões); E — dune – ripple (dunas/ondulações). Adaptado de Oliveira (2007). 31
- FIGURA 7 - Mapa de localização dos municípios integrantes totalmente e parcialmente na Bacia Hidrográfica do Paraná III. Elaborado por BADE, M, R; CASAGRANDE, A. E. (2012). 35
- FIGURA 8 - Área em estudo (Bacia hidrográfica do Paraná III) com as sub-unidades morfoesculturais definidas por Mineropar 2006. 36
- FIGURA 9 - Mapa da rede de drenagem da bacia hidrográfica do Paraná III. Com exceção do rio Paraná, os demais rios com linha grossa não indicam represamento. Elaborada por AZEVEDO, S. T.; FOGAÇA, T. K.; MEITH, J. C.(2010). 37
- FIGURA 10 - Hipsometria da bacia hidrográfica do Paraná III. Elaborada por ATHAYDE (2008). 38

FIGURA 11 -	Mapa de solos da bacia hidrográfica do Paraná III. Com exceção do rio Paraná, os demais rios com linha grossa não indicam represamento. Elaborada por AZEVEDO, S. T.; FOGAÇA, T. K.; MEITH, J. C.(2010).	40
FIGURA 12 -	Mapa de localização dos 46 pontos levantados no estudo. Com exceção do rio Paraná, os demais rios com linha grossa não indicam represamento. Base elaborada por AZEVEDO, S. T.; FOGAÇA, T. K.; MEITH, J. C.(2010) e adaptado por BORTOLUZZI, L. N. (2012).	50
FIGURA 13 -	Mapa das principais rodovias na bacia hidrográfica do Paraná III. Fonte: DNIT (2002).	51
FIGURA 14 -	Presença de areia na margem direita do rio Taturi (Ponto 1), BR 163 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 27/10/2011).	61
FIGURA 15 -	Barreiras de proteção em ambas as margens a montante da ponte sobre o rio Taturí, sendo indicadas pelas setas brancas (Ponto 1), BR 163 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 27/10/2011).	61
FIGURA 16 -	Planície de inundação do rio Guaçu sendo utilizada para cultivo temporário (Ponto 8), PR 491 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 02/12/2010).	62
FIGURA 17 -	Formação de lagoa de saída no córrego Guavirá (Ponto 10), BR 163 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data 25/10/2010).	63
FIGURA 18 -	Migração lateral na margem esquerda no rio Lopeí abaixo de ponte (Ponto 28), BR 467 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 02/05/2011).	64
FIGURA 19 -	Pisoteamento do gado para ter acesso à água provocando erosão a montante do bueiro celular de concreto no córrego Pacurí (Ponto 35), PR 495 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 06/10/2011).	65
FIGURA 20 -	Assoreamento a montante do bueiro tubular de concreto no rio Moreirão (Ponto 37), PR 495 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data 06/10/2011).	66
FIGURA 21 -	Vista da jusante em direção a ponte no rio São Vicente (Ponto 39), PR 495, canal com nível excelente de estabilidade (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 06/10/2011).	67
FIGURA 22 -	Vista do canal a montante do bueiro celular de concreto no rio São João (Ponto 40), PR 495 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data 06/10/2011).	68

- FIGURA 23 - Vista aérea do ponto 45, onde pode-se observar a urbanização muito próxima do canal. (Imagem de satélite retirada do software Google Earth). 69
- FIGURA 24 - Represa inutilizada a montante do bueiro celular de concreto no rio Leão (Ponto 45), PR 497 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 18/01/2012). 69
- FIGURA 25 - Formação de lagoa de saída a jusante do bueiro celular no córrego Bonito (Ponto 46), BR 277 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data 23/12/2011). 70
- FIGURA 26 - Migração lateral na margem direita do canal a montante do bueiro celular de concreto no rio Guaçu (Ponto 16), PR 182 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 02/06/2011). 71
- FIGURA 27 - Erosão em ambas as margens e no leito a jusante do bueiro celular de concreto, córrego Mirim (Ponto 21), rodovia municipal de Marechal Cândido Rondon (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi. data: 27/10/2011). 71
- FIGURA 28 - Gráfico da relação entre nível de estabilidade e os tipos de estruturas (Confecção: Leandro Neri Bortoluzzi). 72
- FIGURA 29 - Exemplo de níveis excelente e boa estabilidade para cada tipo de estrutura. Não há figura referente a excelente estabilidade em bueiro tubular de concreto, pois o mesmo não foi encontrado no estudo. (Confecção: Leandro Neri Bortoluzzi). 73
- FIGURA 30 - Gráfico da relação entre as unidades geomorfológicas e o nível de estabilidade dos canais fluviais (Confecção: Leandro Neri Bortoluzzi). 74

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -	Levantamento parcial de incidentes relatados pela mídia (jornais, internet) envolvendo erosão das margens e queda de ponte devido a eventos pluviométricos extremos nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.	16
QUADRO 2 -	Variáveis da Geometria Hidráulica.	20
QUADRO 3 -	Regulamentações das estruturas.	26
QUADRO 4 -	Fatores de diminuição ou eliminação da migração de seres aquáticos.	29
QUADRO 5 -	Os tipos de canais segundo Montgomery e Buffington (1997).	32
QUADRO 6 -	Síntese das características geomorfológicas das sub-unidades morfoesculturais em estudo.	36
QUADRO 7 -	Indicadores de estabilidade, descrição e avaliação.	45
QUADRO 8 -	Definição dos pontos das categorias dos indicadores segundo a proposta de Johnson (2006) baseada na classificação fluvial de Montgomery; Buffington (1997).	48
QUADRO 9 -	Dados sumários de localização e aspectos gerais das estruturas avaliadas.	53
QUADRO 10 -	Pontuação dos canais em estudo seguindo os treze critérios estabelecidos pela metodologia.	58

## LISTA DE SIGLAS

<b>ABNT –</b>	Associação Brasileira de Normas e Técnicas.
<b>DNIT –</b>	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.
<b>EMBRAPA –</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
<b>IAPAR –</b>	Instituto Agrônômico do Paraná.
<b>IPARDES -</b>	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
<b>MMA -</b>	Ministério do Meio Ambiente.
<b>MINEROPAR –</b>	Minerais do Paraná.
<b>NBR –</b>	Norma Brasileira.
<b>PAMAF –</b>	Plano de Apoio à Modernização da Agricultura e de Florestas.
<b>UNIOESTE -</b>	Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
<b>USACE -</b>	United States Army Corps of Engineers.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	15
CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	19
1.1. EFEITOS DE PROCESSOS FLUVIAIS SOBRE A ESTABILIDADE DE PONTES, PONTILHÕES E BUEIROS.....	19
1.2. TIPOLOGIA DAS ESTRUTURAS DE TRANSPOSIÇÃO DO TALVEGUE E SEUS EFEITOS SOBRE OS HABITATS FLUVIAIS.....	25
1.3. CLASSIFICAÇÃO FLUVIAL DE MONTGOMERY E BUFFINGTON.....	30
CAPÍTULO 2 - ÁREA DE ESTUDO.....	34
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
3.1. COLETA DE DADOS EM CAMPO .....	42
3.2. ANÁLISE EM GABINETE .....	43
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS .....	49
CAPÍTULO 5 - DISCUSSÕES .....	60
5.1. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TATURÍ.....	60
5.2. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUAÇU .....	62
5.3. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO .....	63
5.4. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO FALSO.....	65
5.5. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO VICENTE .....	66
5.6. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO OCOÍ.....	67
5.7. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PINTO .....	68
5.8. BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BONITO .....	70
5.9. OS PROCESSOS EROSIVOS E A ESTABILIDADE DAS ESTRUTURAS ....	71
5.10. RELAÇÃO ENTRE ESTRUTURAS E O NÍVEL DE ESTABILIDADE .....	72
5.11. RELAÇÃO ENTRE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS E NÍVEL DE ESTABILIDADE .....	74
CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76
RECOMENDAÇÕES .....	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	79
ANEXOS .....	83

## INTRODUÇÃO

Com a construção de ferrovias e rodovias para a locomoção de pessoas e transporte de mercadorias, rios tornaram-se uma barreira natural a ser vencida para estes meios de transporte. A forma encontrada para superar este obstáculo natural é a construção de pontes, pontilhões ou bueiros que permitem a passagem de meios de transporte, tais como automóveis, caminhões e trens.

Percebe-se na literatura muitas discussões a respeito da preocupação com a construção e manutenção das rodovias incluindo e suas estruturas de transposição do talvegue. Porém a recíproca não é verdadeira em relação a preocupação da condição dos cursos fluviais existentes ao longo das rodovias. Encontrando pouca literatura sobre o assunto.

No Brasil não é diferente, país que teve seu desenvolvimento industrial calcado na indústria automotiva, construiu milhares de quilômetros de rodovias pelo país ao longo do século XX, porém muito pouco questionou-se a atenção perante os impactos ambientais decorrentes da implantação de rodovias, dentre estes, impactos em ambientes fluviais.

Deste modo a análise de estabilidade dos canais fluviais em áreas adjacentes a pontes, pontilhões e bueiros, estruturas estas de transposição do talvegue são de extrema importância para verificar possíveis impactos em rios, decorrentes do modelo de obra instalada. Bem como identificar se os canais fluviais causam comprometimento das estruturas.

Queda ou destruição parcial de estruturas de transposição de cursos fluviais pode acontecer principalmente quando ocorrem eventos chuvosos de grande proporção, dentre as causas, destaca-se a saturação do solo na cabeceira da obra, gerando deslizamento da base da estrutura.

No Quadro 1 visualizam-se problemas com pontes entre 2005 e 2011, relatados pela mídia e de fácil acesso na internet. São apresentados apenas problemas nos estados do sul do país (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) e Rio de Janeiro e São Paulo, pertencentes a região sudeste do Brasil. O levantamento não reflete todos os problemas ocorridos neste período, são apenas problemas de grande visibilidade.



QUADRO 1- Levantamento parcial de incidentes relatados pela mídia (jornais, internet) envolvendo erosão das margens e queda de ponte devido a eventos pluviométricos extremos nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

Data	Município	UF	Rio	Problemas relatados
25/01/2005	Campina Grande do Sul	PR	Capivari	Erosão da cabeceira da ponte (provocou queda parcial da ponte)
17/01/2009	Taubaté	SP	Não identificado	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
19/08/2009	Blumenau	SC	Não identificado	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
06/10/2009	Curitiba/São José dos Pinhais	PR	Iguaçu	Erosão cabeceira da ponte devido à forte chuva.
18/11/2009	Campinas	SP	Guará	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
19/11/2009	Curitiba	PR	Mossunguê	Ponte não resistiu à vazão maior (provocou queda parcial da ponte)
15/12/2009	Sarandi	PR	Não identificado	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
21/12/2009	São Mateus do Sul/União da Vitória	PR	Não identificado	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
05/01/2010	Agudo	RS	Jacuí	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
05/01/2010	Agudo	RS	Jacuí	Ponte não resistiu à vazão maior (provocou queda parcial da ponte)
08/01/2010	Barra do Turvo	SP	Pardinho	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
10/01/2010	Vera Cruz/Santa Cruz do Sul	RS	Zeca	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
19/01/2010	Indaiatuba	SP	Não identificado	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
20/01/2010	Mogi Guaçu	SP	Mogi Guaçu	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
30/01/2010	Sengés	PR	Jaguricatu	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
30/01/2010	Arapoti	PR	Das Cinzas	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
16/03/2010	Resende	RJ	Sesmarias	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
24/03/2010	Gaspar	SC	Gaspar Mirim	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
25/03/2010	Joinville	SC	Lindo	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
06/04/2010	Rio Claro	RJ	Das Pedras	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
07/04/2010	Silva Jardim/Araruama	RJ	Piripiri	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
17/01/2011	Águas de São Pedro	SP	Araquá	Erosão cabeceira da ponte (devido à forte chuva)
15/03/2011	Morretes	PR	Jacareí	Ponte não resistiu à vazão maior (provocou queda parcial da ponte)

Ainda no ano de 2010, mês de junho, ganhou destaque nacional, as enchentes ocasionadas nos estados de Pernambuco (Figura 1) e Alagoas, onde se descreveu mais de uma centena de pontes destruídas, com quarenta e sete mortes.

Fortes chuvas também ocorreram em janeiro de 2011 na região serrana do estado do Rio de Janeiro que também ocasionou a queda de muitas pontes, soterramentos, perda de muitas vidas, com quase mil mortos, processos estes intensificados pela ausência de planejamento e ocupação desordenada.

Se em pontes, estruturas com capacidade de vazão maior que pontilhões e bueiros, foram relatados inúmeros problemas, com pontilhões e bueiros de escoamento, onde o volume de água suportado é muito menor, os problemas são mais recorrentes. Nestas estruturas, quando não suportam a passagem de todo o volume de água, acontece o extravasamento para o nível de margens plenas do canal, podendo invadir estradas e danificar o asfalto, criando problemas erosivos, entupimento dos bueiros, dentre outros.



FIGURA 1- Destruição total de ponte na cidade de Palmares (PE) (Foto: Oscar Vicente Quinonez Fernandez, data: junho de 2010).

Desta forma, justifica-se a abordagem deste estudo, pretendendo identificar a estabilidade dos canais fluviais em trechos adjacentes a pontes, pontilhões e bueiros na bacia hidrográfica do Paraná III, localizada na mesorregião Oeste do estado do Paraná.

A realização deste estudo ocorreu com o emprego da metodologia de levantamento rápido da estabilidade de canais fluviais proposta por Johnson (2006), aplicada pela primeira vez no Brasil.

Espera-se com este estudo fornecer uma análise das condições em que se situam os pontos de interseção entre rodovias asfaltadas e cursos fluviais na bacia hidrográfica do Paraná III.

Além desta introdução, a dissertação está dividida em nove partes, sendo que o primeiro enfatiza os efeitos de processos fluviais sobre a estabilidade de pontes, pontilhões e bueiros e a tipologia das estruturas de transposição do talvegue e seus efeitos sobre os habitats fluviais. Em continuação, os capítulos dois ao cinco retratam a área de estudo, materiais e métodos, resultados, discussões. Por fim apresentam-se as conclusões e considerações finais, recomendações, referências bibliográficas e os anexos.

## CAPÍTULO 1

### FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta primeira etapa do estudo, é apresentando os possíveis efeitos da dinâmica dos cursos d'água em pontes, pontilhões e bueiros, bem como o impacto dessas estruturas nos canais fluviais e descrito a classificação fluvial de Montgomery e Buffington (1997) que é empregada no levantamento de campo.

#### 1.1. EFEITOS DE PROCESSOS FLUVIAIS SOBRE A ESTABILIDADE DE PONTES, PONTILHÕES E BUEIROS

Os processos fluviais constituem-se na formação e manutenção dos canais fluviais, artificios naturais que ajudam a manter o equilíbrio fluvial. Entretanto há processos que mostram que o canal está enfrentando feições de desequilíbrio e por isso, esses processos atuam em um determinado rio para buscar o equilíbrio entre as forças de remoção e deposição dos sedimentos dispostos ao longo do sistema fluvial.

Nesse sentido é importante destacar a geometria hidráulica e suas variáveis como fator determinante da forma do canal fluvial. Christofolletti (1981) cita o fluxo e o material sedimentar como sendo os dois elementos fundamentais na estruturação do sistema de geometria hidráulica. As variáveis da geometria hidráulica são apresentadas no Quadro 2.

A relação existente entre as variáveis da geometria hidráulica interferem em dois fatores muito importantes para a análise do equilíbrio fluvial. Um destes fatores é conhecido por migração lateral do canal. As taxas de migração lateral são maiores em canais meândricos, entretanto, ocorrem em canais de menor sinuosidade. Montgomery e Buffington (1998) mencionam que este processo é quase inexistente em canais confinados. Este processo também é mais evidente em canais situados em bacias hidrográficas predominantemente arenosas, onde o material fornece menor resistência que em canais com predominância de argila.

QUADRO 2- Variáveis da Geometria Hidráulica.

<b>FLUXO</b>	
Largura do canal	Largura da superfície da camada de água recobrando o canal;
Profundidade	Espessura do fluxo medida entre a superfície do leito e a superfície da água;
Velocidade do fluxo	Comprimento da coluna de água que passa, em determinado perfil, por unidade de tempo;
Volume/Débito	Quantidade de água escoada por unidade de tempo;
Gradiente de energia	Gradiente de inclinação da superfície de água;
Relação entre largura e profundidade	Resulta pela divisão da largura pela profundidade;
Área	Área ocupada pelo fluxo no perfil transversal do canal, considerando a largura e a profundidade;
Perímetro úmido	Linha que assinala a extensão da superfície limitante recoberta por água;
Raio hidráulico	Valor adimensional resultante da relação entre a área e o perímetro úmido ( $R = A/P$ );
Concentração de sedimentos	Quantidade de material detrítico por unidade de volume, transportada pelo fluxo;
<b>MATERIAL SEDIMENTAR</b>	
Granulometria	As classes de diâmetro do material do leito e das margens;
Rugosidade do leito	Representa a variabilidade topográfica verificada na superfície do leito, pela disposição e ajustamento do material detrítico e pelas formas topográficas do leito.

Fonte: Christofletti (1981).

As taxas de migração lateral são ainda consideradas maiores em bacias hidrográficas com perturbações hidrológicas (MARTIN, 2005). Neste sentido a migração lateral de canais fluviais consiste para Leopold (1964) *apud* Martin (2005) na variação da localização do canal em planta dentro de sua várzea, removendo o material do lado de fora dos bancos e depositando no lado de dentro das curvas a jusante de onde o material foi removido. Miller, Miller e Zonge (2001) afirmam que a migração lateral do canal pode acarretar a mudança de fluxo para além da abertura da ponte. Como resultado o fluxo do rio é deslocado em direção ao aterro da ponte que remove o material, causando impactos destrutivos para a obra. A mudança constante da alteração na largura de um curso d'água é associada também a instabilidade do canal fluvial (MILLER; MILLER; ZONGE, 2001), refletindo em maiores possibilidades de acidentes envolvendo pontes e bueiros, como exemplificados na Figura 2. Nesta figura se evidencia a migração lateral do canal em três estágios, sendo eles, inicial, avançado e o desmoronamento de parte do aterro por não haver mais sustentação do solo.

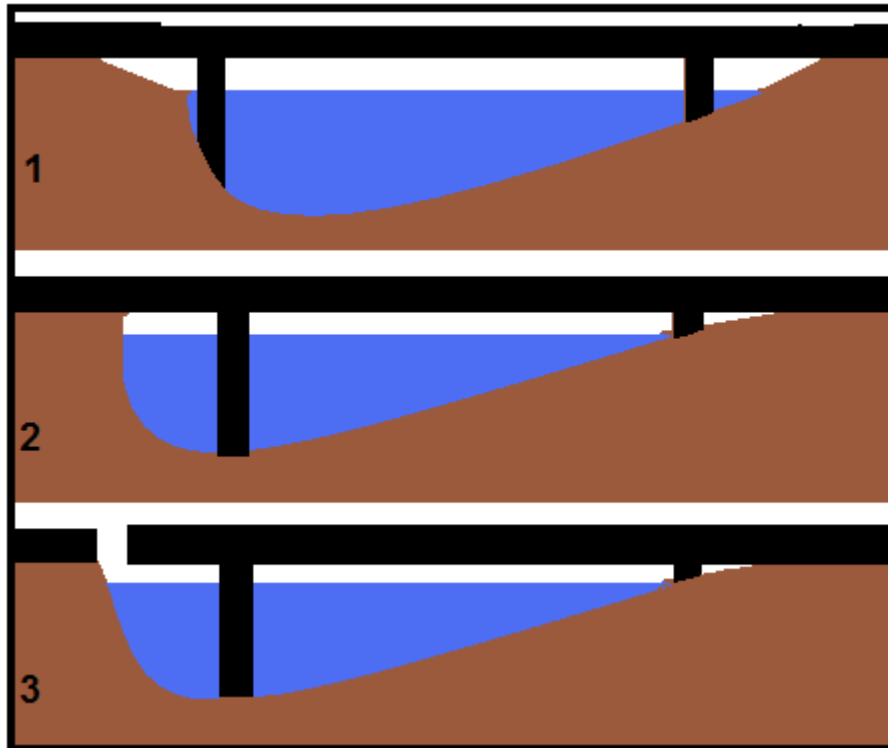


FIGURA 2 – Esquema de erosão do aterro da ponte em uma margem devido migração lateral do canal. Elaboração: Leandro Neri Bortoluzzi.

Outro processo fluvial que constitui a busca de equilíbrio do canal é a variação da forma do leito e sua cota. Sua maior alternância se dá a partir do uso intenso de sua bacia de drenagem. Essas variações ocorrem pelo ajustamento diferente entre as variáveis (CHRISTOFOLETTI, 1981). Segundo Cortes (2004) as intensidades das alterações da morfologia do canal e das formas dependem do poder erosivo do próprio rio. Neste sentido, deve-se ater na relação entre a erosão e a deposição de material no fundo do leito, alterando a cota do mesmo. Embora a erosão seja o problema mais grave, removendo material da base dos pilares ou sustentação de um bueiro, o assoreamento extremo também é considerado um impacto significativo nas estradas, levando a uma crescente inundação das estradas nos locais onde estão instaladas as pontes (MILLER; MILLER; ZONGE, 2001).

Christofoletti (1980) cita a existência de um equilíbrio fluvial, proposto inicialmente no século XVII, com base nas conclusões de Guglielmi a qual um rio modificará o seu canal erodindo ou depositando, buscando alcançar um equilíbrio entre a energia e a resistência. Grove K. Gilbert, em 1887, foi o primeiro a empregar o termo “rio equilibrado” (*graded stream*) (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Morisawa (1968) *apud* Christofolletti (1980) define o rio equilibrado como aquele que atinge a condição de estabilidade, de modo que durante um período temporal qualquer, entradas de carga no sistema são compensadas pelas que saem, sendo um sistema auto-regulador, onde qualquer alteração nos fatores declividade, forma do perfil transversal, rugosidade e padrão do canal provoca um estado de desequilíbrio.

Mesmo que haja desequilíbrio sobe condições naturais dos canais, o ajuste natural é muitas vezes quase imperceptível, porém quando o desequilíbrio está associado a rodovia, quase sempre é necessário longos períodos de ajustamento do canal, ficando muito mais perceptível (RUEDIGER; RUEDIGER, 1999).

As atividades antrópicas alteram bruscamente o ambiente, causando desequilíbrio. Analisando os córregos até rios maiores, quanto menor o córrego que é alterado, percebe-se que maior é o estado de alteração em que ele se encontra.

Dependendo do tipo de obra executada e da dinâmica existente no local onde há um bueiro, materiais como pedra, galhos e tronco, podem contribuir para alterações no canal, criando áreas de fluxo turbulento (MCKENNEY *et al.*, 1995; ROBERT, 2003 *apud* MERRILL, 2005).

A área existente entre o rio e uma ponte ou pontilhão é sempre superior em relação a área da calha dos bueiros, muitas vezes as pontes estão com suas bases instaladas acima da planície de inundação, desta forma tem menos acumulação de sedimentos à montante da travessia (WELLMAN *et al.*, 2000 *apud* MERRILL, 2005). Frei (2006) relata que após a construção da obra, é necessário exercer a manutenção de bueiros principalmente após grandes eventos chuvosos para que o bueiro continue a desempenhar seu objetivo inicial de transporte dos cursos fluviais e que isso não impeça a passagem de peixes com a descontinuidade do canal.

Estudos que abordaram a temática da influência de pontes e bueiros nos córregos demonstraram que os impactos destas obras ocorrem principalmente a jusante. Mason (2002) aponta que bueiros e pontes são capazes de promover alterações na morfologia do canal ao longo do tempo, onde pontes contribuem para o alargamento da seção transversal e os bueiros erodem material do leito provocando piscinas a sua jusante. Merril (2005) relatou aumento da área das

seções transversais, ocasionando diminuição de profundidade e alargamento dos canais. Mudanças essas que contribuíram na alteração do habitat a jusante.

Dentre as possíveis alterações das estruturas em rios, Jackson (2003) cita a perda e a degradação de habitat, alterações dos processos ecológicos, efeitos em animais e processos erosivos, essas alterações podem acontecer em um período curto de tempo, ou ao longo dos anos.

Para Johnson (2006) a instabilidade do canal junto a ponte pode causar a degradação do leito, erodindo material junto aos alicerces e alargar o canal até ultrapassar a ponte. O assoreamento no canal em si não é prejudicial a obra, entretanto pode levar ao aumento de inundações e a ampliação do canal. Porém o autor menciona que se o canal possuir um alto grau de instabilidade pode até ruir a ponte que o atravessa como ocorreu em Kingman nos Estados Unidos da América, ferindo mais de 150 pessoas.

Possivelmente a alteração mais perceptível em curto prazo, principalmente com a instalação de bueiros é a interrupção da migração de peixes principalmente à montante (NAVARRO HEVIA *et al.*, 2006; FREI, 2006; JACKSON, 2003).

Roberts (2009) concluiu que quanto mais estreita a seção transversal dos bueiros, mais instável se torna o canal. Se a declividade do bueiro é superior a 1%, também contribui para promover a instabilidade do canal. Deste modo, a autora recomenda bueiros com grandes seções transversais instalados em encostas suaves nas áreas planas. Sendo assim há melhor opção para a manutenção da estabilidade dos canais.

Devido a estreita seção transversal dos bueiros, Molinos e Llanos (2006) atestam problemas relacionados a perda e a degradação de habitats, pausa ou retenção da vazão, mortalidade direta ou indireta de peixes e outros animais, deposição de sedimentos e detritos lenhosos durante a instalação do bueiro e a médio e longo prazo existe risco de entupimento da tubulação. A variação do fluxo devido a instalação de bueiros erode o leito aluvial formando uma lagoa à jusante do bueiro (Figura 3) .



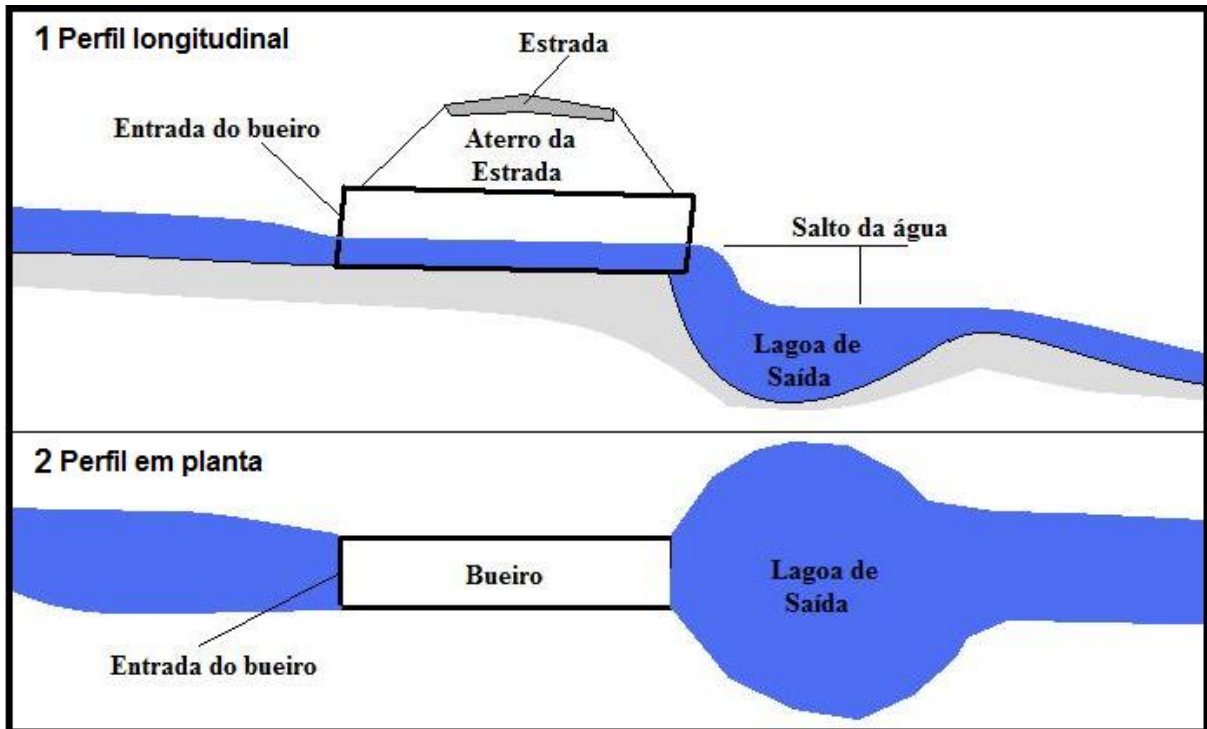


FIGURA 3 – Exemplo esquemático da formação de uma lagoa de saída a jusante de um bueiro. Elaboração: Leandro Neri Bortoluzzi.

Quando é construída uma ponte, pontilhão ou bueiro, grande parte da planície de inundação é aterrada para a passagem da estrada em uma cota topográfica superior ao da cota do canal fluvial. O aterro ocupa uma maior área da planície de inundação quando é instalado, no local, um bueiro tubular.

Porém, com o pico de cheia de um canal, durante período de precipitação, pode ocorrer a saturação de água na calha fluvial, extravasando para a planície de inundação rapidamente, devido ao fato de que o aterro da estrada impede parte da dissipação do fluxo pelo leito vazante. Isso deixa o fluxo mais lento a montante da obra. Isso é denominado efeito barreira segundo Navarro Hevia *et al.* (2006), enquanto que parte da água que passa pelo bueiro aumenta consideravelmente a sua velocidade na saída da obra (RUEDIGER; RUEDIGER, 1999). Esse fenômeno pode ocasionar a súbita remoção do aterro, assoreando o canal e danificando totalmente a obra.

Na Figura 4 é mostrado em quatro etapas o efeito barreira. Primeiramente o canal em seu fluxo contínuo, seguido na segunda etapa pela ocorrência do pico chuvoso, represando a água a montante da estrada, pois a estrutura instalada não suporta a passagem de todo o caudal, seguindo pela destruição parcial de parte da

rodovia pela pressão da água e saturação do solo, voltando ao regime de vazante período após o evento chuvoso com a rodovia danificada.

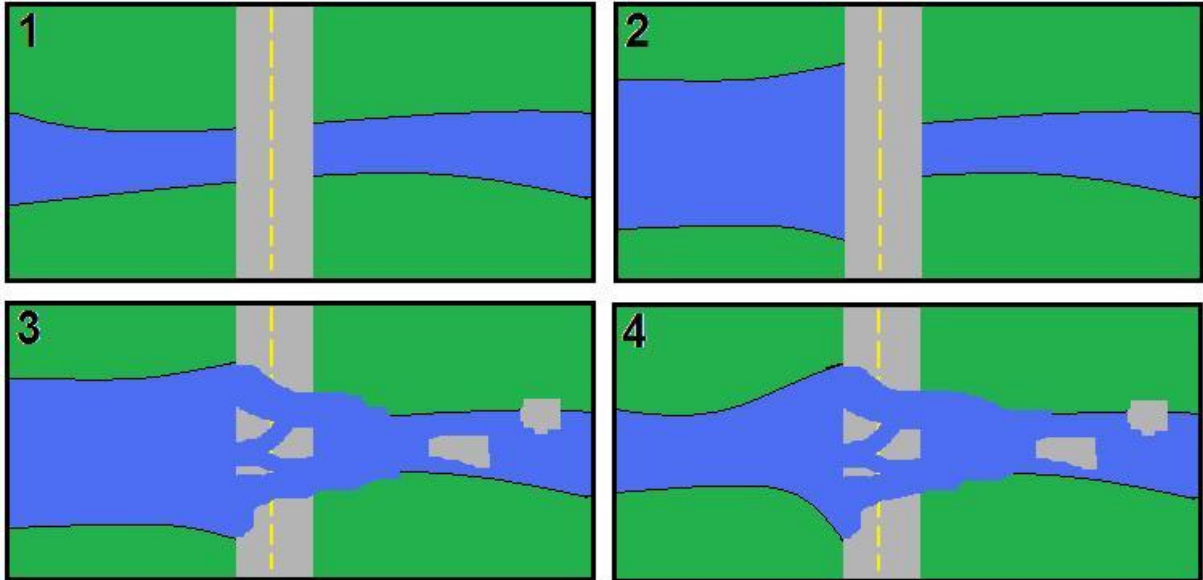


FIGURA 4 – Esquema representativo da inundação a montante de uma obra de transposição do talvegue. Elaboração: Leandro Neri Bortoluzzi.

O efeito barreira, descrito acima aconteceu no verão de 2011, no município de Morretes, estado do Paraná, na rodovia BR 277. O acúmulo de detritos lenhosos a montante da ponte, criou uma barragem natural, represando o rio. Com o pico chuvoso a barragem não suportou o peso criado pelo acúmulo de água, extravasando e levando parte da ponte que existia no local.

## 1.2. TIPOLOGIA DAS ESTRUTURAS DE TRANSPOSIÇÃO DO TALVEGUE E SEUS EFEITOS SOBRE OS HABITATS FLUVIAIS

Existem diferentes maneiras para que se faça uma estrada atravessar um rio e dependendo do tamanho, método de instalação e manutenção, pode-se existir poucos ou muitos impactos nos ambientes fluviais (JACKSON, 2003).

Quatro são os tipos de estruturas analisadas neste estudo: pontes, pontilhões, bueiros em células de concreto e bueiros tubulares de concreto (Figura 5). Dissmeyer (2000); Forman *et al.* (2003) *apud* Navarro Hevia *et al.* (2006) analisando dados levantados por Aema (1998) e Mma (2004) mencionam que uma das maiores causas de erosão nos rios europeus é o desenho inadequado de

estradas e infra-estruturas relacionadas as mesmas. No Brasil as construções de estruturas que cortam o talvegue devem seguir algumas regulamentações segundo Dnit (2004) e Dnit (2010), exceto os bueiros em células de concreto. As normas que especificam os procedimentos são sintetizadas no Quadro 3.



FIGURA 5 – Estruturas analisadas neste estudo, onde, A/ponte (Ponto 15, rio Guaçu, PR 239), B/pontilhão (Ponto 19, arroio Fundo, rodovia municipal de Marechal Cândido Rondon), C/bueiro tubular de concreto (Ponto 13, córrego Quatro Pontes, BR 163) e D/bueiro celular de concreto (Ponto 10, córrego Guavirá, BR 163). (Fotos: Leandro Neri Bortoluzzi, datas: A - 02/12/2010, B - 02/12/2010, C – 25/10/2010, D - 02/12/2010 ).

QUADRO 3 – Regulamentações das estruturas.

TIPO DE ESTRUTURA	REGULAMENTAÇÃO
Bueiros em tubos de concreto	NBR 9794, NBR 9795 e NBR 9796 da ABNT
Bueiros em células de concreto	Não há regulamentação, cabível a análise das peculiaridades locais
Pontes	NBR 7188/84 da ABNT
Pontilhões	NBR 7188/84 da ABNT

Fonte: Dnit (2004, 2010)

Pode-se observar no Quadro 3 que existem três regulamentações para a construção dos bueiros em tubos de concreto. Regulamentações estas formadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Para os bueiros em células de concreto, ainda não existem regras a serem seguidas e a explicação para isso se

dá pelo fato de que devem ser analisadas as características locais de onde será instalado o mesmo. Já as pontes e os pontilhões devem seguir a NBR 7188/84 da ABNT.

Construir estruturas como estas é um desafio para ecologistas, engenheiros e agências de governo, principalmente no que tange a capacidade de avaliar e quantificar as alterações produzidas nos sistemas ambientais em que são colocados bueiros e como estas mudanças dizem respeito a metodologias de projetos e componentes descritos em publicações sobre o assunto (ROBERTS, 2009). Desafio este cabível também em pontes. Concomitantemente a isso, Charbeneau *et al.* (2006) *apud* Roberts (2009) afirma ser indispensável conhecer a estabilidade do fluxo do canal nas adjacências de onde uma estrutura for instalada. Johnson (2006) afirma que conhecer as tendências espaciais e temporais dos ajustes do canal é fundamental para a proteção e manutenção de pontes.

A escolha da estrutura ideal para ser instalada em um determinado rio depende, principalmente, da capacidade do canal, implantando a estrutura que teoricamente possa suportar o volume de água escoado pelo corpo d'água. Quando a capacidade do canal é baixa geralmente são implantadas estruturas pré-moldadas, devido a fácil instalação e o menor custo financeiro.

Sobre os bueiros, sejam eles, tubulares ou celulares, de concreto ou metálicos, a boca coletora da estrutura deve estar situada abaixo do terreno natural e deve haver uma inclinação do bueiro, permanecendo a saída do bueiro em um nível topográfico mais baixo que a parte coletora do mesmo (DNIT, 2006).

Pontilhões são construídos em locais nos quais devido a grande descarga, é inviável a construção de bueiros e pontes em locais onde nem pontilhões suportem a descarga do canal. Geralmente as pontes ultrapassam o limite da planície de inundação, quando não, é construído um aterro na planície de inundação para suportar a ponte ou até mesmo parte da rodovia. Segundo DNIT (2006) por serem as pontes obras mais complexas, os cálculos de determinação de cota máxima para a cheia no vão da obra, dentre outros, devem ser mais rigorosos.

Mesmo as pontes sendo as estruturas que menos interferem e são interferidas pela atuação dos processos fluviais associados ao canal de escoamento, nelas pode-se, também, haver alteração no leito fluvial junto aos pilares, como a erosão ao redor das mesmas. Isso é possível devido a mudança na velocidade

média do fluxo, ocasionando turbulência e removendo material de fundo. Este fenômeno pode derrubar a ponte (COUTO; CARDOSO, 2001).

Algumas condições naturais podem contribuir para a deterioração das pontes e pontilhões, segundo Dnit (2010):

“Os fatores ambientais são de natureza climática ou atmosférica; os primeiros, tais como variações sazonais e diárias de temperatura, tempestades e pressão do vento, são independentes da atividade humana, enquanto que os segundos, tais como poluição atmosférica, chuva ácida, águas poluídas por produtos químicos, dos rios e subterrâneos, são de responsabilidade humana e degradam tanto as superestruturas como as infraestruturas” (DNIT, 2010, pág 39).

Sobre o mesmo tema, ainda é exposto no mesmo guia:

“Além dos sulfatos e cloretos a agressividade do meio ambiente pode manifestar-se pela poluição atmosférica, através do dióxido de carbono e das chuvas ácidas, que encurtam a vida útil da estrutura, quando penetram em trincas e fissuras pré-existentes. A variação brusca de temperatura, principalmente uma chuva fria logo após uma forte e continuada exposição ao sol quente, pode provocar trincas e fissuras; analogamente, a alternância de superfícies úmidas e secas. Em países de clima mais frio, neve e gelo podem reduzir a durabilidade da estrutura” (DNIT, 2010, pág 69-70).

Todo o tipo de estrutura que corta uma rodovia deveria ser inspecionado periodicamente, para que se garanta a segurança da estrutura, considerando-se possíveis acidentes envolvendo seres humanos, ocasionados com maior frequência durante grandes eventos chuvosos.

Dentre as alterações provocadas pelas obras em relação ao ambiente fluvial, como já mencionado algumas vezes, destaca-se a descontinuidade ecológica do canal fluvial. Ocorre principalmente em obras que alteram o leito do canal, ou seja, em bueiros, pois a descontinuidade do canal interfere na migração de seres vivos aquáticos que transitam pelo escoamento do canal.

Algo comum com a instalação destas obras de transposição do talvegue é a redução drástica da fauna de invertebrados, sendo estes, importantes alimentos para muitas espécies de peixes (PAMAF, 2006). Quanto mais instável for o fluxo do canal na obra instalada, maior é a dificuldade de re-colonização das espécies de seres vivos que ali existiam.

No Quadro 4 a seguir elaborado por Jackson (2003), são apresentados fatores que influenciam diretamente na diminuição ou total eliminação da migração de seres aquáticos causados por obras de transposição do talvegue.

QUADRO 4 – Fatores de diminuição ou eliminação da migração de seres aquáticos.

<b>Fator</b>	<b>Consideração</b>
Queda na entrada ou saída da obra	A diferença de cota seja na entrada ou na saída de um bueiro, pode representar uma barreira física para muitas espécies.
Barreiras físicas	O movimento dos animais pode ser bloqueado com o entupimento dos bueiros. Além disso, açudes associados a estas estruturas podem criar obstáculos para algumas espécies.
Velocidade excessiva do fluxo	Velocidades extremamente altas podem impedir que certos animais consigam vencer a força do fluxo.
Ausência de áreas naturais de descanso	Algumas espécies não suportam mover-se por fluxos durante longas distâncias, necessitando dessas, áreas para o descanso, a falta destas condições inibem migrações de espécies mais debilitadas.
Turbulência excessiva	Diminuição do fluxo na entrada da obra pode ocasionar turbulência inibindo a passagem animal.
Profundidade insuficiente do fluxo	A redução da profundidade de um canal pode resultar em lâminas d'água muito rasas, sendo estas insuficientes para que certas espécies maiores consigam migrar.
Alteração do material do fundo do leito	Certas espécies aquáticas migram pelo canal fluvial apenas através dos materiais naturais existentes no fundo do leito, qualquer mudança nestes materiais pode interferir ou cessar a migração de algumas espécies.

Fonte: Jackson (2003)

Quanto menor a população de uma determinada espécie aquática, mais vulnerável ela é (MACE; LANDE, 1991 *apud* FREI, 2006). Uma característica importante da cessação da migração dos seres aquáticos, principalmente em populações menores, é a diminuição do fluxo gênico, causando o empobrecimento genético das espécies, ficando estas mais suscetíveis a doenças, dificuldades de reprodução e conseqüentemente maior mortalidade (MCKELVEY *et al.*, 2002 *apud* FREI, 2006).

Segundo Ruediger e Ruediger (1999) deve-se ater também aos produtos químicos que vazam, ou são eliminados de veículos, principalmente derivados de petróleo, estes expostos em rodovias, próximo aos canais, podem muitas vezes chegar aos canais, poluindo a água, podendo causar mortandade de espécies que ali vivem.

Tendo em vista os vários problemas gerados pela descontinuidade ecológica dos rios, causados com o modelo de obra instalada sobre a passagem de

uma estrada por um canal fluvial, Ruediger e Ruediger (1999) mencionam a necessidade de profissionais capacitados a prever impactos ecológicos destas construções e que estes façam parte de projetos e execuções rodoviárias, para que se busque cessar estes problemas com a elaboração de estradas que impactem menos estes ambientes.

### 1.3. CLASSIFICAÇÃO FLUVIAL DE MONTGOMERY E BUFFINGTON

Existe uma série de classificações fluviais que são capazes de descrever diferentes tipologias de cursos d'água, ganha destaque a classificação de Leopold e Wolman (1957), sendo a mais difundida, que discrimina os rios em retos, meândricos e entrelaçados. Além desta, existem muitas outras classificações, entre elas: Schumm (1963, 1981), Popov (1964), Kellerhals *et al.* (1976), Rust (1978), Brice (1984), Simon (1989), Nanson e Croke (1992) Church (1992), Whiting e Bradley (1993), Rosgen (1994), Woolfe e Balzary (1996), Miall (1996), Montgomery e Buffington (1997) e Kondolf *et al.* (2003).

Neste caso a classificação a ser usada é de Montgomery e Buffington. Este tipo de classificação de rios foi desenvolvido no ano de 1997 para ser aplicado a canais livres, característicos de rios aluviais, que possuem principalmente areia, silte e argila como carga sedimentar. Estes estudiosos desenvolveram essa classificação para ser aplicada a rios na costa pacífica dos Estados Unidos da América. Ao estudarem canais fluviais em bacias hidrográficas desta região, os autores utilizaram esta metodologia para classificar os rios de montanha com leito rochoso, até canais aluviais.

A relação e a diversidade de rios/relevo/canais, diferenciando em cinco classes por ordem decrescente da declividade do rio, é a proposta desta abordagem. Nos trechos coluviais, rochosos e aluviais as cinco distintas classes morfológicas propostas foram: cascata (cascade), degraus (steep-pool), leito plano (plane-bed), seqüência de soleiras e depressão (pool-riffle) e dunas/ondulações (dune-ripple) (Figura 6) (Quadro 5).

Os canais apresentam forma distinta, porque, segundo Oliveira (2007), a interação entre o comportamento hidráulico da corrente e os processos

sedimentares, particularmente a quantidade de energia dissipada pela turbulência da corrente, diferem em cada um dos tipos de canais.

Embora a dimensão do material do leito geralmente decresça das cascatas (*cascade*) para os canais aluviais com dunas e *ripples* (*dune - ripple*), este não é um aspecto discriminativo da classificação.

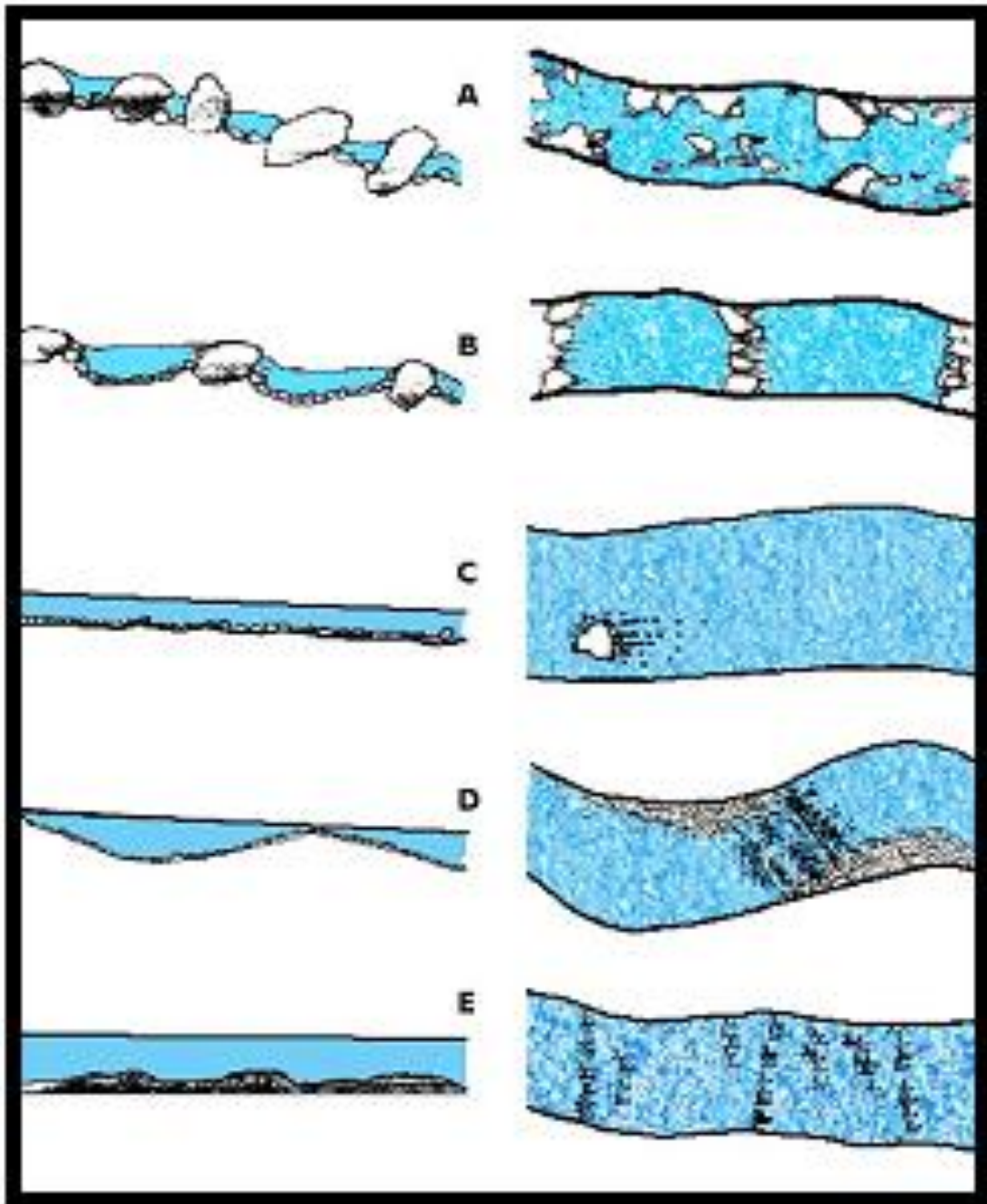


FIGURA 6 – Morfologia da seção longitudinal e em planta de cada tipo de canal segundo a classificação de Montgomery e Buffington (1997). A — cascade (cascata); B — step – pool (degraus); C — plane – bed (leito plano); D — pool – riffle (sequência de soleiras e depressões); E — dune – ripple (dunas/ondulações). Adaptado de Oliveira (2007).



QUADRO 5- Os tipos de canais segundo Montgomery e Buffington (1997).

Tipos de Canais	
Canais Coluviais	São pequenos riachos, geralmente são intermitentes ou efêmeros, ou seja, só apresentam fluxo e transporte fluvial durante um curto período do ano, ou somente durante a duração de uma chuva. Encontram-se geralmente nas regiões de cabeceiras de bacias.
Canais Leito rochoso	Canais que correm sobre rocha coerente, não apresentam um leito aluvial contínuo. Apesar de algum material aluvial ser estocado temporariamente no fundo ou em locais com obstruções de fluxo, essa deposição é muito pequena, são canais geralmente confinados pelas paredes do vale.
Canais Cascata	Canais que ocorrem em trechos com elevados gradientes, são confinados pelas paredes do vale, e são caracterizados por uma desorganização longitudinal e lateral do material do leito, constituído tipicamente de blocos e matacões, com pequenos e espaçados poções. Cascalhos e material mais fino são estocados em pontos com obstrução de fluxo. Devido ao grande tamanho do material do fundo, trechos em cascata são efetivamente imóveis em condições normais de fluxo, ocorrendo uma certa mobilidade apenas durante raros eventos hidrológicos.
Canais Degraus	São caracterizados por sucessivos ressaltos hidrológicos longitudinais, em forma de degraus formados por matacões e blocos organizados, formando poções contendo material fino. A morfologia de canais degraus resulta de uma oscilação entre fluxo turbulento encachoeirado e turbulento corrente. Essa morfologia é associada a um elevado gradiente, pequena razão largura-profundidade e pronunciado confinamento pelas paredes do vale. O que diferencia esse tipo de canal de canais em forma cascata é a sequência regular de poções e degraus.
Canais Leito plano	O termo Leito plano é aplicado a formações planares, observadas tanto em canais com o fundo de areia, quando com o fundo de cascalho ou blocos. Ocorrem em locais com moderados a elevados gradientes, são relativamente retos, podendo ser confinados ou não pelas paredes do vale. São tipicamente compostos de areia ou pequenos matacões, porém podem ser predominantemente compostos por cascalhos ou blocos. A ausência de fluxo turbulento encachoeirado diferencia esses tipos de canais, de canais em cascata ou canais em degraus.
Canais Sequência de soleiras e depressões	São canais que apresentam um leito ondulado que define uma sequência de barras, depressões e soleiras. Essa oscilação lateral das formações do fundo distingue os canais meandantes dos outros tipos de canais discutidos anteriormente. Depressões são depressões topográficas do canal, barras e soleiras são pontos mais rasos, ritmicamente espaçados (cerca de cinco, a sete vezes a largura do canal). Ocorrem em moderados a baixos gradientes, moderada a elevada sinuosidade, são geralmente não confinados e apresentam planícies de

	<p>inundação bem desenvolvidas. O substrato pode variar de areia a blocos, porém são tipicamente formados por cascalhos.</p>
<p>Canais Dunas/Ondulações</p>	<p>Canais com morfologia em dunas e ondulações são comumente associados com baixos gradientes e fundo de areia. Nesse tipo de canal há uma sucessão de formações de fundo provenientes da resistência hidráulica primária. A configuração do leito depende da profundidade, velocidade, tamanho dos grãos e da taxa de transporte de sedimento. O transporte de sedimentos nesse tipo de canal é moderado a pobre, devido à baixa energia, favorecendo a deposição, havendo a formação de barras ou outras formações forçadas pela geometria do canal.</p>
<p>Canais Entrelaçados</p>	<p>O sistema fluvial entrelaçado é caracterizado pela alta energia de transporte em regime de fluxo superior, pela migração de barras longitudinais e transversais, com deposição de cascalhos, areias e muito raramente material pelítico (apresentando pequena distribuição lateral). Dependendo da natureza do suprimento, do gradiente a partir das áreas fontes e da razão de descarga (velocidade de fluxo e carga de sedimentos), ocorrem rios entrelaçados dominados por areias ou por cascalhos.</p>

Fonte: Estiliano, 2006.

## CAPÍTULO 2

### ÁREA DE ESTUDO

Este capítulo tem por finalidade esclarecer as características da área de estudo, deste modo são descritas as características do relevo, clima, drenagem, solos e ocupação da Bacia Hidrográfica do Paraná III.

A área de estudo é composta pela bacia hidrográfica do Paraná III localizada no Terceiro Planalto Paranaense (Figura 7) também denominado de Planalto de Guarapuava e recoberto por derrames vulcânicos cretáceos da Formação Serra Geral, com a predominância do basalto (MAACK, 2002).

As sub-unidades morfoesculturais presentes na bacia do Paraná III são: o Planalto de Umuarama, Planalto de Campo Mourão, Planalto de Cascavel, Planalto do São Francisco e Planalto de Foz do Iguaçu, definidas segundo MINEROPAR (2006) (Figura 8). As características dos planaltos apresentam diferenças no que tange a dissecação, forma dos topos, vertentes e vales (Quadro 6).

A região Oeste do Paraná é caracterizada pelo clima tipo Cfa, segundo a classificação climática de Köppen, a qual significa mencionar uma localidade com clima subtropical mesotérmico de verões quentes, geadas pouco freqüentes, maior precipitação no verão e sem estação seca definida (IAPAR, 1994). A temperatura média anual varia entre 20°C e 23°C ao longo de toda a bacia do Paraná III, com precipitação média entre 1400 a 2000 mm anuais (IAPAR, 1994). Estas características climáticas podem ocasionar eventos chuvosos de grande proporção que contribuem fortemente para a remoção e transporte de sedimentos.

A bacia hidrográfica do Paraná III possui área equivalente a 8.000 km<sup>2</sup> (IPARDES, 1981). Os rios que são drenados em direção ao rio Paraná (Figura 9), mais especificamente para o Lago internacional de Itaipu. São rios de planalto, o que lhe conferem maior poder de erosão do que deposição. Possuem rede dendrítica, com pequenos riachos a grandes rios, onde as águas correm sempre em direção a Oeste. Destacam-se os rios Taturí, Guaçu, Marreco, São Francisco Verdadeiro, Santa Quitéria, São Francisco Falso, São Vicente e Ocoí.

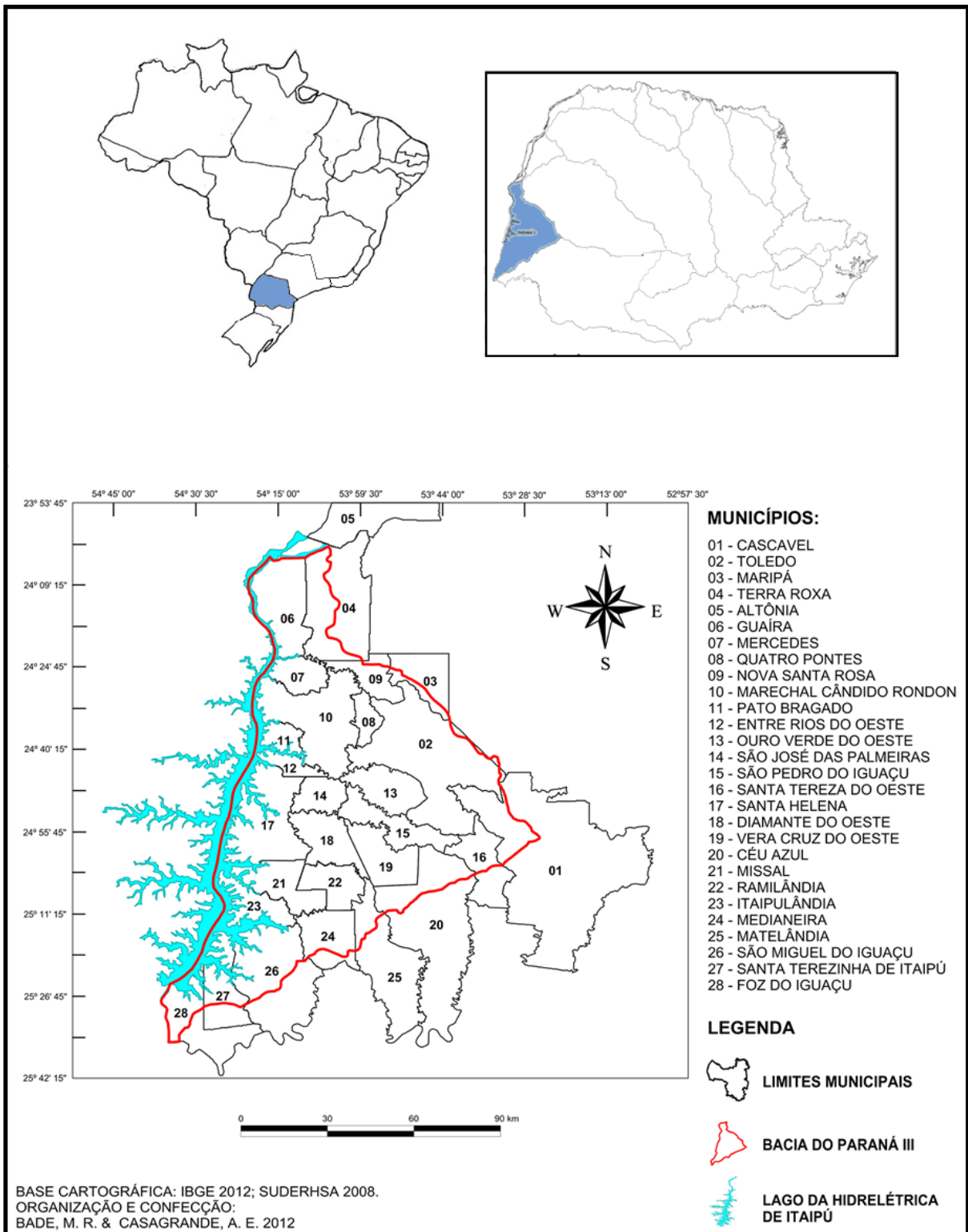


FIGURA 7 – Mapa de localização dos municípios integrantes totalmente e parcialmente na Bacia Hidrográfica do Paraná III. Elaborado por BADE, M, R; CASAGRANDE, A. E. (2012).

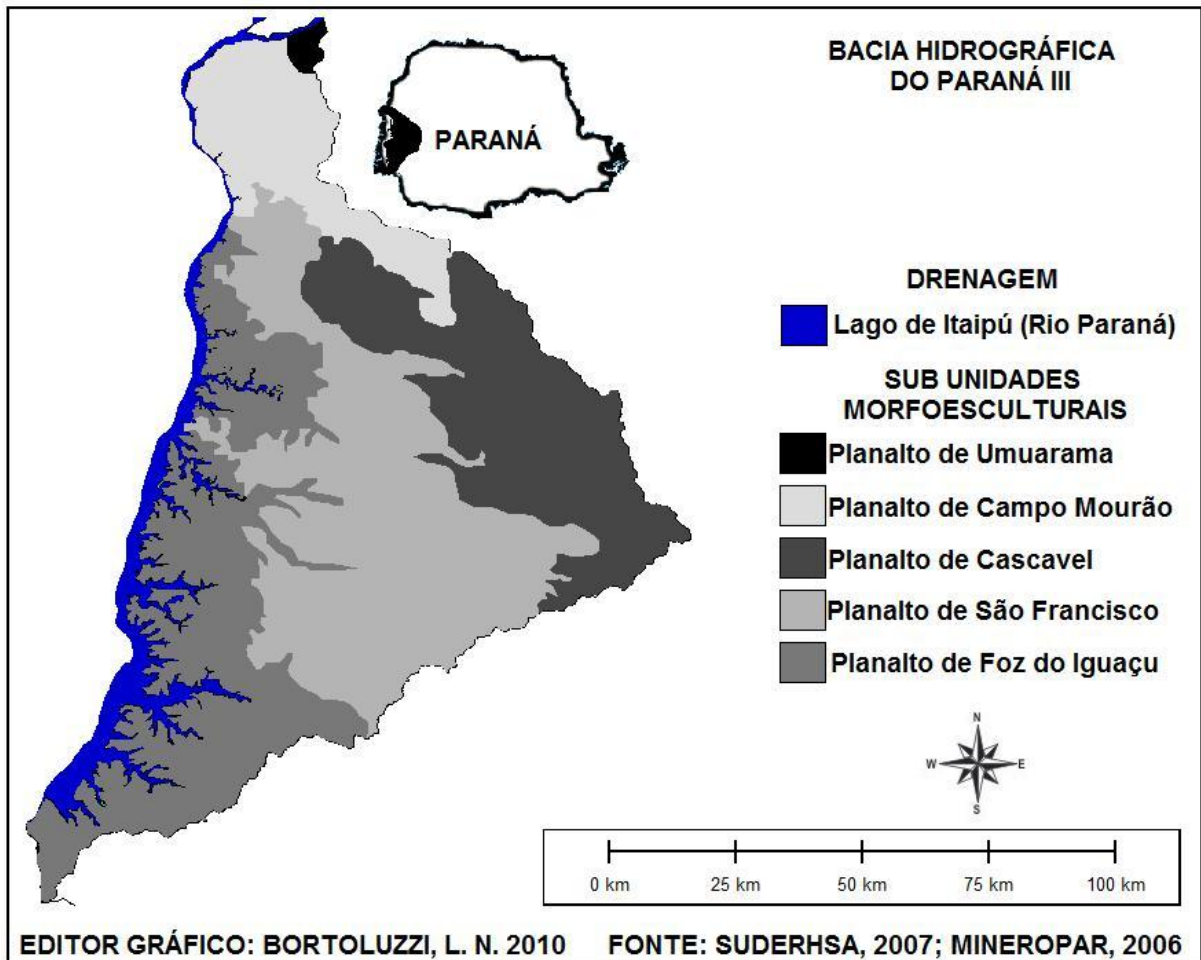


FIGURA 8 – Área em estudo (Bacia hidrográfica do Paraná III) com as sub-unidades morfoesculturais definidas por Mineropar 2006.

QUADRO 6- Síntese das características geomorfológicas das sub unidades morfoesculturais em estudo.

Sub Unidades Morfoesculturais	Dissecação	Topos	Vertentes	Vales
Planalto de Umuarama	Média	alongados e aplainados	convexas	V
Planalto de Campo Mourão	Baixa	aplainados	retilíneas e côncavas na base	Em calha
Planalto de Cascavel	Média	alongados e aplainados	convexas	V
Planalto do São Francisco	média	alongados	convexas	V
Planalto de Foz do Iguaçu	Baixa	aplainados	convexas	V aberto

Fonte: Mineropar (2006)

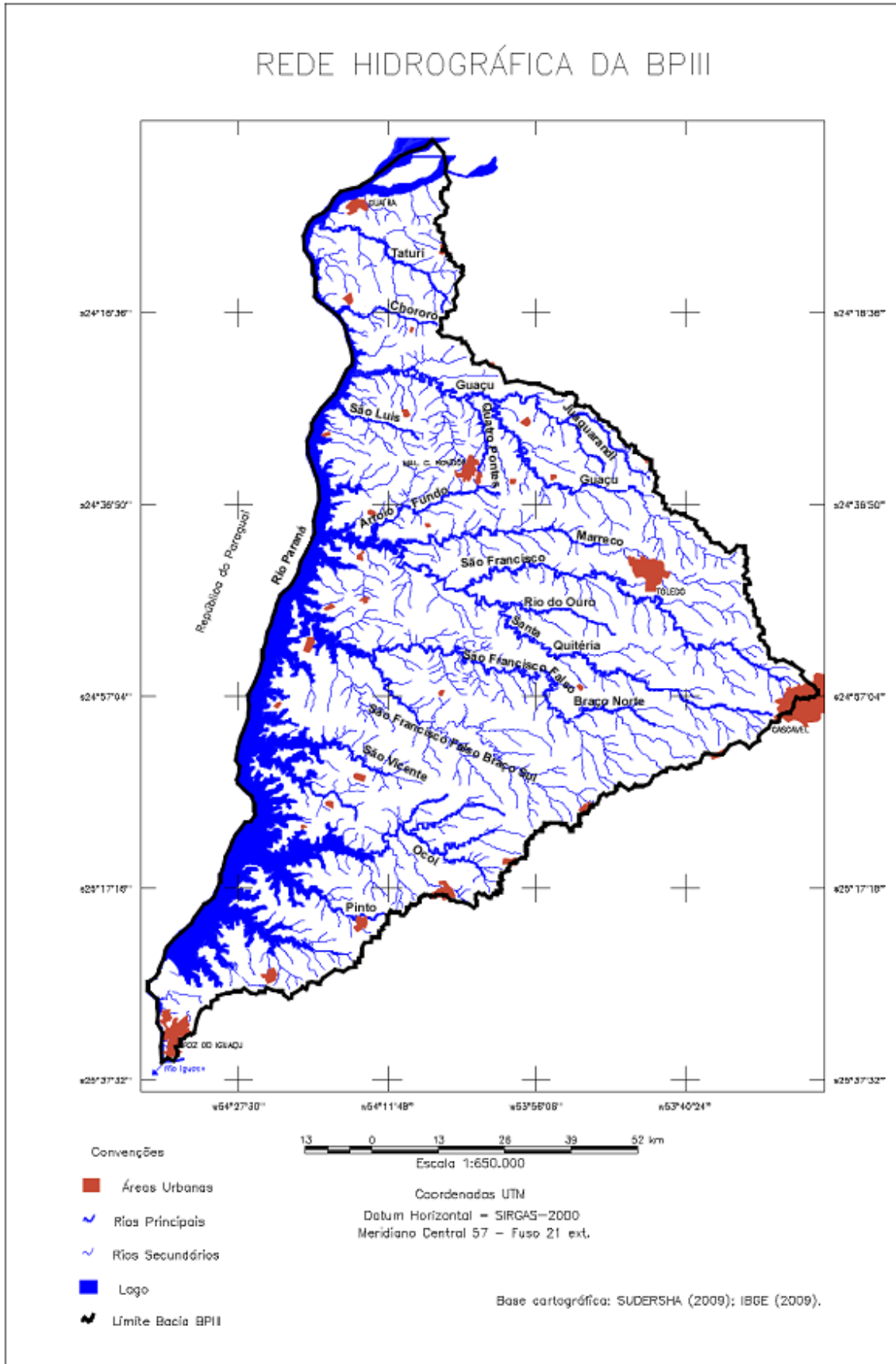


FIGURA 9 – Mapa da rede de drenagem da bacia hidrográfica do Paraná III. Com exceção do rio Paraná, os demais rios com linha grossa não indicam represamento. Elaborada por AZEVEDO, S. T.; FOGAÇA, T. K.; MEITH, J. C.(2010).

Em relação às cotas altimétricas da bacia hidrográfica, identificam-se variações entre 171 e 725 metros de altitude, sendo que as cotas mais altas situam-se a Leste da bacia hidrográfica, declinando para Oeste (Figura 10).

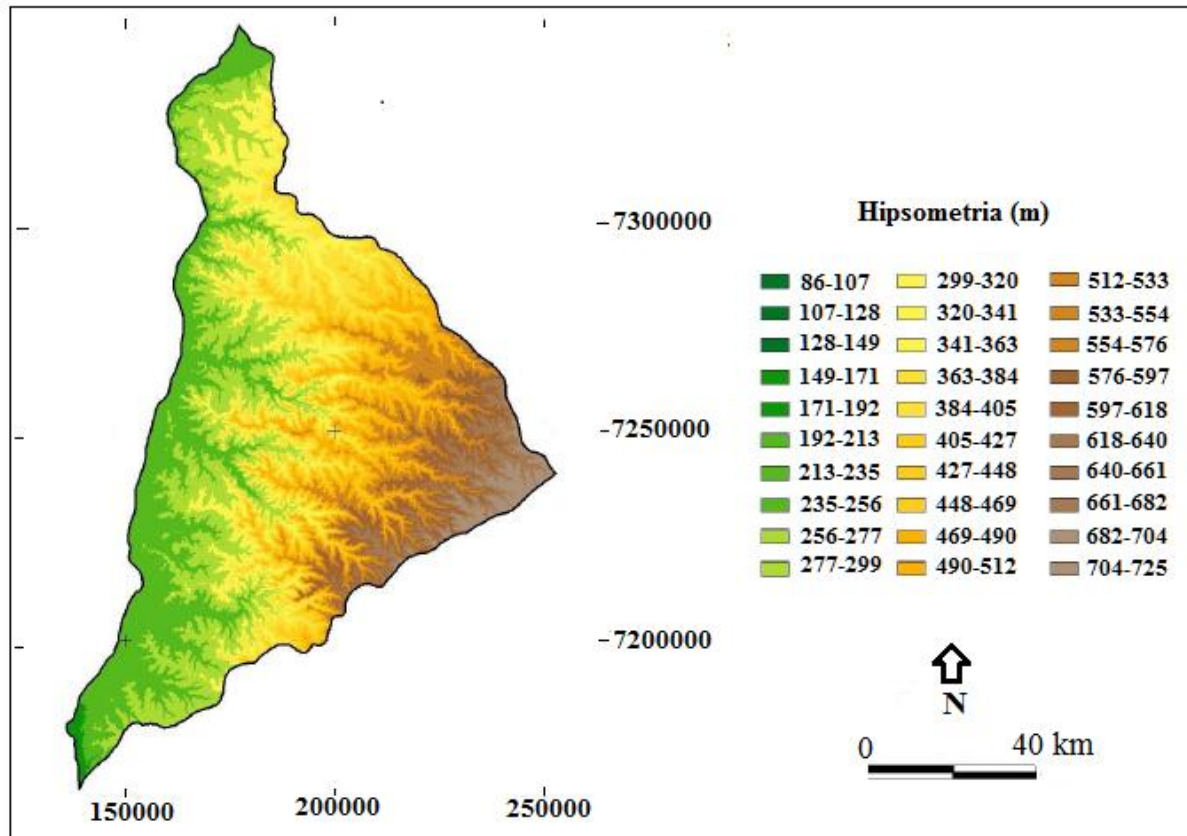


FIGURA 10 – Hipsometria da bacia hidrográfica do Paraná III. Elaborada por ATHAYDE (2008).

Segundo a Embrapa (1999) os solos encontrados na área de estudo seguem as seguintes características:

**Latossolo** – Solo constituído por material mineral, com horizonte B latossólico abaixo de qualquer tipo de horizonte diagnóstico superficial, exceto H hístico. Apresentam avançado estágio de intemperização, são evoluídos e com drenagem moderada.

**Nitossolo** – Solo constituído por material mineral com horizonte B nítico de argila de atividade baixa, textura argilosa ou muito argilosa.

**Neossolos** – Solos constituídos por material mineral ou orgânico pouco espessos com pequena expressão dos processos pedogenéticos.

**Organossolos** – Pouco evoluídos, com características de material orgânico de coloração predominantemente escura.

Chernossolos – Solos com horizonte A Chernozêmico, argila de alta atividade e alta saturação por base, sendo com ou sem acumulação de carbonato de cálcio.

Gleissolos – Solos com forte gleização, expressando hidromorfia, resultante de processamento de intensa redução de compostos de ferro, em presença de matéria orgânica, com ou sem alternância de oxidação, em situações de excesso de umidade permanente ou periódico

Argissolos – Apresentam B textural, com argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico.

Conforme Embrapa (2007), os solos são predominantemente oriundos de rochas basálticas e ocorrem com maior frequência em locais de interflúvios os Latossolos e Nitossolos. No que tange a baixa vertente, nas calhas dos rios, há predominância de Neossolos.

Os demais solos, Organossolos, Chernossolos, Gleissolos e Argissolos existem em menor quantidade na bacia hidrográfica do Paraná III, porém ocorre com maior frequência ao norte da área de estudo, próximo a faixa de transição com o Arenito Caiuá. Apesar dos solos predominarem ao Norte da bacia hidrográfica do Paraná III, existem manchas dispersas ao longo de toda bacia hidrográfica, principalmente próximo ao lago internacional de Itaipu.

Os tipos de solos existentes no local são mostrados a seguir na figura 10. Estes solos dificultam e diminuem o poder erosivo exercido pela força das águas em relação a solos mais arenosos, pois os solos com grande presença de argila em sua composição detêm um grande poder de agregação das partículas.

A cobertura vegetal existente na área em estudo é, segundo Maack (2002), formada pela mata pluvial-subtropical desenvolvida sob um solo extremamente fértil. A parte mais a leste da área de estudo está incluída no domínio morfoclimático dos planaltos de araucárias, sendo revestido pelos bosques de araucárias, incluindo mosaicos de pradarias mistas e bosquetes de pinhais tanto nas galerias como em encostas e cabeceiras de drenagem.

O restante da área está na denominada faixa de transição dos domínios morfoclimáticos. Transição entre domínio das Araucárias, Cerrado e Mares de Morros, não sendo caracterizada por uma área nuclear de vegetação. Ocorrendo um



enclave de floresta tropical devido aos férteis solos oriundos do basalto associados à umidade trazida pelos ventos sulinos (AB'SABER, 2003).

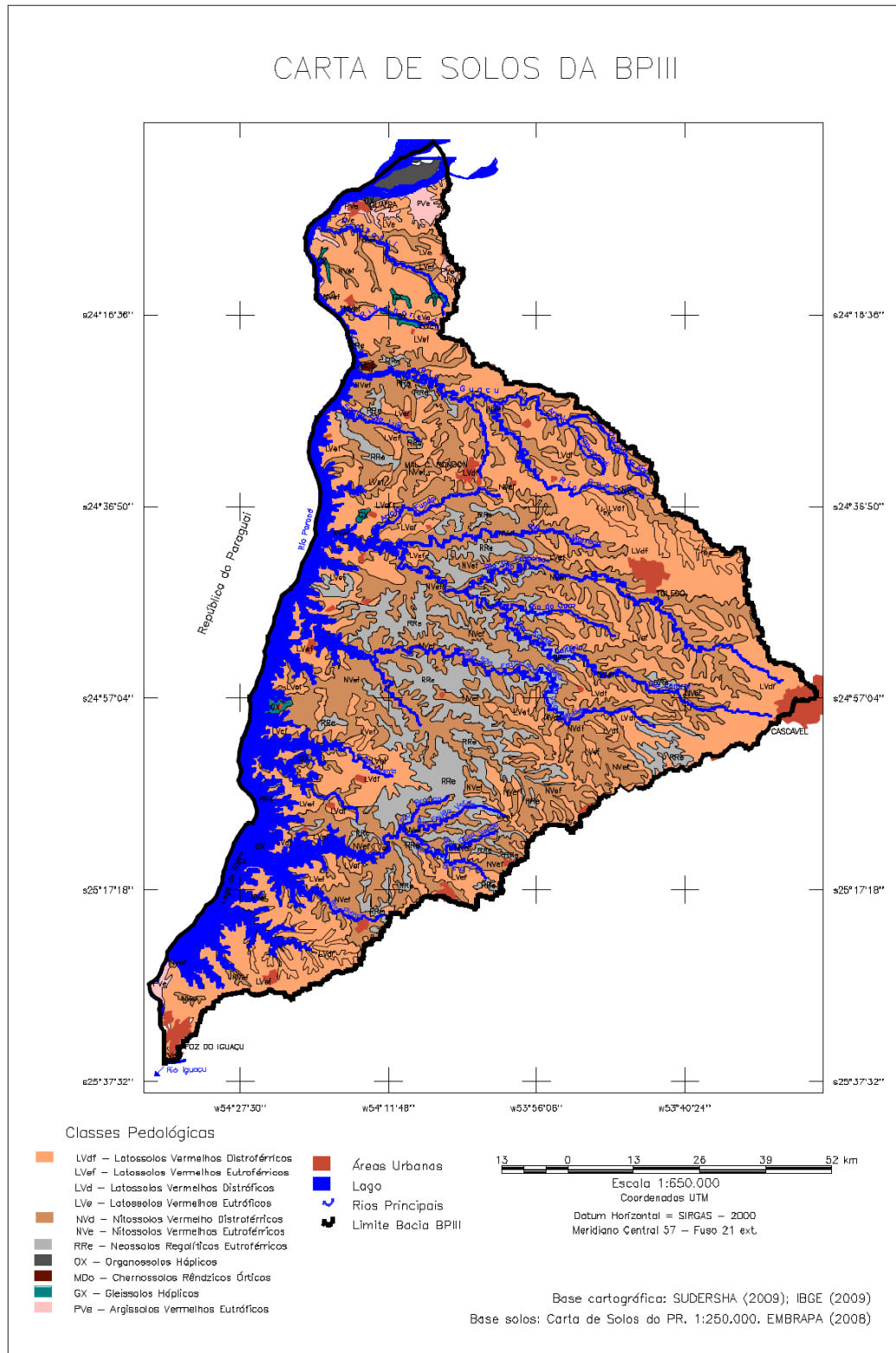


FIGURA 11 – Mapa de solos da bacia hidrográfica do Paraná III. Com exceção do rio Paraná, os demais rios com linha grossa não indicam represamento. Elaborada por AZEVEDO, S. T.; FOGAÇA, T. K.; MEITH, J. C. (2010).

Entretanto, pouco restou após a ocupação do Oeste paranaense pelos sulistas, grande partes das matas restantes encontram-se sob forma de áreas de preservação permanente e reserva legal, ao longo dos cursos de água e em locais impróprios para o desenvolvimento de atividades agrícolas devido ao solo raso. Parte da vegetação existente na área de estudo é resultado do reflorestamento das margens do lago de Itaipu com a finalidade de contenção de sedimentos no reservatório. O reflorestamento foi efetuado em alguns pontos com espécies não nativas.

O processo de ocupação da área se deu por camponeses provindos principalmente dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, estes descendentes de italianos e alemães. O processo de colonização do oeste do Paraná durou cerca de 20 anos, e a partir de 1970 a região já se tornara área de expulsão populacional (DEITOS, 2007), principalmente pela construção da usina hidrelétrica binacional de Itaipu, ocorrendo a desapropriação das áreas que viriam a ser alagadas pelo reservatório.

O histórico de ocupação da região pelos sulistas é recente, por ocasião da passagem da Coluna Prestes pelo oeste paranaense entre 1924 e 1925, constatando-se a situação de abandono nacional e dominação de estrangeiros na região, tornou-se necessário tomar medidas que coibissem a invasão de estrangeiros e simultaneamente o povoamento da região. Na década de 1930, o governo de Getúlio Vargas determinou no intuito de ocupar o oeste paranaense, que o quadro funcional das empresas deveria ser composta de, pelo menos, dois terços por brasileiros, com o objetivo de dificultar a permanência de estrangeiros na região (GREGORY, 2002, *apud* REOLON, 2007).

## CAPÍTULO 3

### MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo tem por objetivo esclarecer a metodologia empregada na avaliação da estabilidade dos canais fluviais em áreas adjacentes a pontes, pontilhões e bueiros, descrevendo assim a técnica de campo e a análise em gabinete. Para definir o grau de estabilidade ou instabilidade dos cursos d'água existem algumas metodologias específicas, dentre elas, pode-se citar a metodologia de Rosgen (2001), USACE (2005) e Johnson (2006).

A metodologia adotada neste trabalho é a proposta de Johnson (2006) que consiste num modelo de avaliação de rápida execução e baixo custo financeiro. Esta metodologia consiste no preenchimento dos dados observados nas áreas de estudo em uma tabela que possui características referentes as condições físicas dos canais.

Um dos objetivos do protocolo de avaliação do canal é a classificação do canal fluvial de acordo com a proposta de Montgomery e Buffington (1997). Esta classificação é relativamente simples e fornece informações sobre os processos fluviais de acordo com o tipo de canal. A classificação se refere a canais naturais e não é aplicado em cursos d'água modificados (JOHNSON, 2006).

#### 3.1. COLETA DE DADOS EM CAMPO

As pontes, pontilhões e bueiros escolhidos para realização do estudo estão localizados em estradas federais, estaduais e municipais asfaltadas inseridas na bacia hidrográfica do Paraná III. A escolha dos pontos de estudo foi determinada inicialmente através de mapas rodoviários e hidrográficos, além de imagens de satélites.

A coleta de dados em campo foi realizada preenchendo o formulário de Thorne (1988) (Anexo 1), na qual são levantados primeiramente os dados referentes

a localização do ponto; nome do rio e do município, coordenadas geográficas, data do levantamento, tipo de estrutura, numeração de fotos e nome ou sigla da rodovia.

Dando continuidade a coleta de dados, na seção dois, descreve-se o uso do solo e vegetação da bacia hidrográfica, desmoronamentos de encostas ou locais no vale, largura, uso do solo, tipo de vegetação e tamanho da mata ciliar na planície de inundação. Também é observada a existência de terraços e diques e a relação do canal com o vale, levantando o tipo de canal e características dos meandros.

A terceira seção é composta pela descrição do canal, identificando os tipos e frequência de estruturas que existem no leito, classificam-se os leitos dos cursos de água com base na proposta de Montgomery e Buffington (1997), mensura-se a largura do canal e, por fim, são descritos os sedimentos do leito.

Para finalizar o protocolo de avaliação do canal, durante a quarta etapa, cabe ao avaliador inspecionar as margens do canal, identificando o tipo de material, existência de camadas ou não, a altura, o declive, ocorrência de processos erosivos e cobertura vegetal. A coleta dos dados é encerrada com o registro fotográfico da estrutura viária assim como as condições do canal e do leito, a jusante e montante das pontes, bueiros ou pontilhões.

Sobre o protocolo de avaliação utilizado no estudo, este é baseado na idéia de que só a estabilidade do canal em curto prazo é necessária, em média de um a dois anos, pois estima-se que deveria ocorrer vistorias técnicas da condição da estrutura em um período consideravelmente curto, não mais que dois anos. A estabilidade analisada se dá apenas nas proximidades da estrutura de transposição do talvegue e não leva em consideração alterações a grandes distâncias da obra, no máximo algumas centenas de metros (JOHNSON, 2006), tendo em vista que o canal sendo um sistema auto-regulador, centenas de metros a jusante tende a se reestruturar buscando seu equilíbrio.

### 3.2. ANÁLISE EM GABINETE

O grau de estabilidade do canal é obtido quantificando os indicadores propostos por Johnson (2006) (Quadro 7) com base nos dados coletados em campo por meio do preenchimento do formulário de Thorne (1988). Nesta etapa é atribuída uma pontuação de um a doze para cada indicador de estabilidade (níveis excelente,

bom, razoável e pobre), sendo que o valor um indica melhores condições do indicador, enquanto que o valor doze representa as piores condições. Todos os itens são ponderados de forma igual, não havendo vantagem na utilização dos pesos.

A pontuação atribuída para cada indicador de estabilidade é somada e o valor total é comparado com o tipo de canal (classificação de Montgomery e Buffington) ao qual pertence o ponto em análise (Quadro 8).

A análise dos indicadores é subjetiva, porém dentre os padrões de observação, o curso fluvial é considerado excelente quando sua pontuação for menor que quarenta e nove para os canais, soleiras e depressão, leito plano, dunas/ondulações ou canalizações e com somatória inferior a quarenta e um para os tipos de canais cascata ou degraus.

Para um canal deter excelente estabilidade, leva-se em consideração a manutenção da vegetação natural na bacia hidrográfica, principalmente na planície de inundação, solos coesos, fluxos pouco variáveis, baixos níveis de sinuosidade e pouca ou nenhuma existência de estruturas instaladas no canal. Quanto maiores forem as atividades humanas desenvolvidas indiretamente ou diretamente no canal, maiores tendem a ser as perturbações, indicando assim cursos fluviais cada vez menos estáveis. Rios com variações morfológicas intensas tendem a ser naturalmente menos estáveis que canais menos propensos a variações morfológicas naturalmente.

QUADRO 7 - Indicadores de estabilidade, descrição e avaliação.

INDICADOR DE ESTABILIDADE	AVALIAÇÕES			
	EXCELENTE (1-3)	BOM 4-6	RAZOÁVEL 7-9	POBRE 10-12
1 - Característica da bacia hidrográfica e da planície de inundação ativa	Estável, áreas florestadas, bacia hidrográfica com quase nenhuma atividade humana.	Perturbações ocasionais, pecuária (pastoreio e/ou acesso do gado ao córrego), exploração madeira e pouca atividade agrícola, pouca urbanização.	Distúrbios frequentes, pecuária, deslizamentos de terra, mineração, exploração madeira, rodovias, urbanização significativa, edificações.	Distúrbios contínuos, intensa atividade de pecuária, deslizamentos de terra, mineração, Intensa atividade agrícola, grande infra-estrutura, rodovias, bacia hidrográfica altamente urbanizada ou rápido crescimento urbano.
2 - Regime do fluxo	Perene, pouca variação de cota.	Perene ou canal de primeira ordem efêmero com pequena taxa de inundações.	Perene ou intermitente, grande variação de cota.	Comportamento extremamente chamativo, muitas inundações; canais efêmeros superiores a primeira ordem.
3 – Padrão do canal	Canal sinuoso com baixo nível de curvatura;	Canal sinuoso com nível médio de curvatura; canal de engenharia bem conservado.	Canal sinuoso com tranças; canal sinuoso com nível alto de curvatura; canal de engenharia com pouca manutenção.	Canal anastomosado; canal de engenharia sem manutenção alguma.
4 – Entrincheiramento / Confinamento do canal	Planície de inundação ativa; sem infra-estruturas; sem diques.	Planície de inundação ativa abandonada, mas atualmente em reconstrução; confinamento do canal; pouca infra-estrutura; diques baixos e bem definidos.	Confinamento moderado; exposição de alguma infra-estrutura; existência de terraços; planície de inundações abandonada; diques com tamanho moderado.	Cachoeira a jusante; confinamento profundo; sem planície de inundação ativa; diques altos.
5 - Material do leito (A%= porcentagem aproximada de areia no leito)	A maioria dos materiais maior que 4 mm. A% menor que 20%.	Quantidade muito pequena de material menor que 4 mm. A% entre 20 e 50%.	Quantidade pequena a média de material menor que 4 mm. A% entre 50 e 70%.	Grande quantidade de material menor que 4 mm. A% maior que 70%.
6 – Desenvolvimento de barras	Para declividade < 0,02 e razão	Para declividade < 0,02 e razão largura/profundidade >	Para declividade menor que 0.02 e razão	As barras são compostas por intensa deposição de

	largura/profundidade >12, barras estáveis, bem vegetada, composta por seixos e grânulos. Para declividade > 0,02 e razão largura/profundidade <12, não há barras evidentes.	12, podendo existir vegetação leito composto por seixos e grânulos. Para declividade > 0,02 e razão largura/profundidade < 12, não há barras evidentes.	largura/profundidade maior que 12, Pouca vegetação, com deposição recente de areia a seixos e grânulos. Formação de barras para declividade maior que 0.02 e razão largura/profundidade menor que 12.	partículas finas a grânulos com pouca ou nenhuma vegetação. Sem barras para declividade menor que 0.02 e razão largura/profundidade maior que 12.
7 – Obstruções (afloramentos rochosos, degraus de controle, leito pavimentado abaixo da ponte, revestimento das margens, represas ou palhetas, enrocamento)	Raro ou não presente.	Ocasional, causando correntes cruzadas e margens menores e erosão do leito.	Obstruções ocasionalmente instáveis e moderadamente freqüentes, causa erosão perceptível no canal. Considerável acumulação de sedimento atrás das obstruções.	Freqüente e muitas vezes instável, causando contínua mudança de sedimentos e fluxo. Causando migração e/ou ampliação.
8 – Textura e coesão do solo das margens	Argila e argila siltosa; material coesivo.	Pequenas quantidades de material não coesivo ou misturas inconsolidadas; podem existir camadas, mas são materiais coesivos.	Misturas inconsolidadas de materiais glaciais ou diversos; pequenas camadas não coesivas ou materiais inconsolidados.	Material não coesivo; misturas inconsolidadas de materiais glaciais ou diversos; Camadas que incluem areias e materiais grosseiros.
9 – Inclinação da margem (90° é uma margem vertical)	Margem com inclinação inferior a 18° se houver materiais não coesivos ou materiais inconsolidados com inclinação inferior a 45° em margens com material argiloso.	Inclinação até 27° com material não coesivo ou com materiais inconsolidados até 50° em margens com material argiloso em uma ou ocasionalmente ambas as margens.	Inclinação até 45° com material não coesivo ou com materiais inconsolidados até 60° em margens com material argiloso em uma ou ambas as margens.	Inclinação maior que 45° com material não coesivo ou material inconsolidado ou maior que 60° em margens com material argiloso em uma ou ambas as margens.
10 – Margem protegida por vegetação ou por obra de engenharia	Ampla faixa de vegetação lenhosa, com pelo menos 90% de densidade e cobertura.	Faixa média de vegetação lenhosa, com 70-90% de densidade e cobertura. Uma maioria de madeira dura, folhas, árvores de folha	Faixa baixa de vegetação lenhosa, com 50-70% de densidade e cobertura. A maioria de madeira macia, pinho, árvores coníferas, com	Faixa muito baixa de vegetação lenhosa, com menos de 50% de densidade e cobertura. A maioria de madeira

	Principalmente de madeira, folhas, árvores de folha caduca com vegetação madura, saudável e diversificada localizado na margem. Vegetação lenhosa orientado verticalmente. Na ausência de vegetação, ambos os bancos são revestidos ou fortemente blindado.	caduca com a maturação, vegetação diversa localizada no branco. Vegetação lenhosa orientada com 80-90° a partir da horizontal com a exposição mínima da raiz. Revestimento parcial ou proteção de uma ou de ambas as margens.	vegetação jovem ou velha com falta de diversidade, localizadas sobre ou perto do topo da margem. Vegetação lenhosa orientada em 70-80° horizontal, muitas vezes com a exposição da raiz evidente. Nenhum revestimento nas margens, podendo haver alguma proteção em uma margem.	macia, pinho, árvores coníferas, com vegetação jovem, velha ou morrendo com falta de diversidade, localizadas sobre ou perto do topo da margem. Vegetação lenhosa orientada com menos de 70° horizontal com extensiva exposição de raízes. Nenhum revestimento ou proteção das margens.
11 – Escavação da margem	Pouco ou nada evidente. Porcentagem insignificante de toda a margem.	Apresenta escavação de margens em um grau moderado em pelo menos uma das margens.	Significante e frequente em ambas as margens.	Escavação contínua em ambas as margens.
12 - Perda de massa ou falha na margem	Nenhuma ou pouca evidência de perda de massa. Largura do canal é uniforme.	Baixa evidência e/ou pouca perda de massa, diminuída com vegetação. Canal com largura relativamente uniforme e solapamento mínimo das margens.	Evidência de freqüente ou significativa perda de massa que pode ser agravada com o aumento do fluxo, podendo causar margens instáveis. Com largura do canal bastante irregular e escalopamento das margens são evidentes.	Frequente e vasta perda de solo. Canal com largura altamente irregular e margens solapadas.
13 – Distância do meandro mais próximo no curso d'água a montante da ponte	Mais de 35 m, a ponte é bem alinhada com o curso do rio.	20 a 35 metros, a ponte é alinhada com o curso do rio.	10 a 20 m, ponte enviesada com o curso do rio, ou o curso do rio é variado, não alinhado abaixo da ponte.	Menos de 10 m, a ponte é desalinhada com o curso do rio.

Fonte: Johnson (2006).



QUADRO 8 – Definição dos pontos das categorias dos indicadores segundo a proposta de Johnson (2006) baseada na classificação fluvial de Montgomery e Buffington (1997).

<b>Ranking total para os canais soleiras e depressão, leito plano, dunas/ondulações e canalizações.</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Ranking</b>
Excelente	Valor menor que 49
Bom	Valor igual a 49 e menor que 85
Razoável	Valor igual a 85 e menor que 120
Pobre	Valor igual ou maior que 120
<b>Ranking total para os canais cascata e degraus.</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Ranking</b>
Excelente	Valor menor que 41
Bom	Valor igual a 41 e menor que 70
Razoável	Valor igual a 70 e menor que 98
Pobre	Valor igual ou maior que 98
<b>Ranking total para os canais entrelaçados.</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Ranking</b>
Excelente	Não existe nível excelente de estabilidade para canais entrelaçados
Bom	Valor menor que 94
Razoável	Valor igual a 94 e menor que 129

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos a partir dos levantamentos de campo e análise em gabinete.

Foram levantados quarenta e seis pontos (Figura 12), sendo predominantes em paisagens constituídas por agricultura (23 pontos), pois é a atividade econômica de destaque na região Oeste Paranaense. Além disso, doze pontos estão em áreas que mesclam agricultura e pastagens. Os demais, que totalizam onze levantamentos, situam-se em áreas periurbanas, estando muito próximo a algum núcleo urbano, porém com predomínio de atividades ligadas ao setor primário. Essas áreas são possíveis locais de expansão da urbanização, a qual está situada em suas margens.

As estruturas de transposição do talvegue predominantes são as pontes, em dezoito pontos, seguidas por bueiros em célula de concreto em quinze pontos, bueiros tubulares de concreto em sete locais e pontilhão em seis lugares. Ocorre a predominância de pontes, pois estas suportam vazões superiores em relação as demais estruturas, leva-se em conta também que, as pontes foram instaladas nos rios de maior carga hidrológica da região e as estruturas restantes, nos tributários e próximos as nascentes dos grandes cursos d'água.

Percebe-se claramente que as instalações de estruturas para transpor canais estão majoritariamente onde ocorrem leitos planos, pois estes apresentam uma morfologia sem grandes alternâncias. Isso ocorreu em vinte e cinco pontos, porém também existem estruturas instaladas em locais onde os canais apresentam outras características que configuram como não sendo leito plano, observam-se onze pontos em trechos de soleiras e depressões, em trechos de escada/depressão existem seis pontos e um em trecho fluvial de cascatas, que apresentam maior gradiente. Há ainda três situações onde ocorre mudança de tipo do canal fluvial entre montante e jusante da obra instalada. As rodovias são apresentadas na Figura 13, sendo que as mais recortadas por cursos fluviais são: PR 495 sete vezes, PR 585, PR 491, BR 163 e rodovias municipais de Marechal Cândido Rondon com cinco vezes cada. As rodovias PR 317 e PR 497 possuem três pontos.

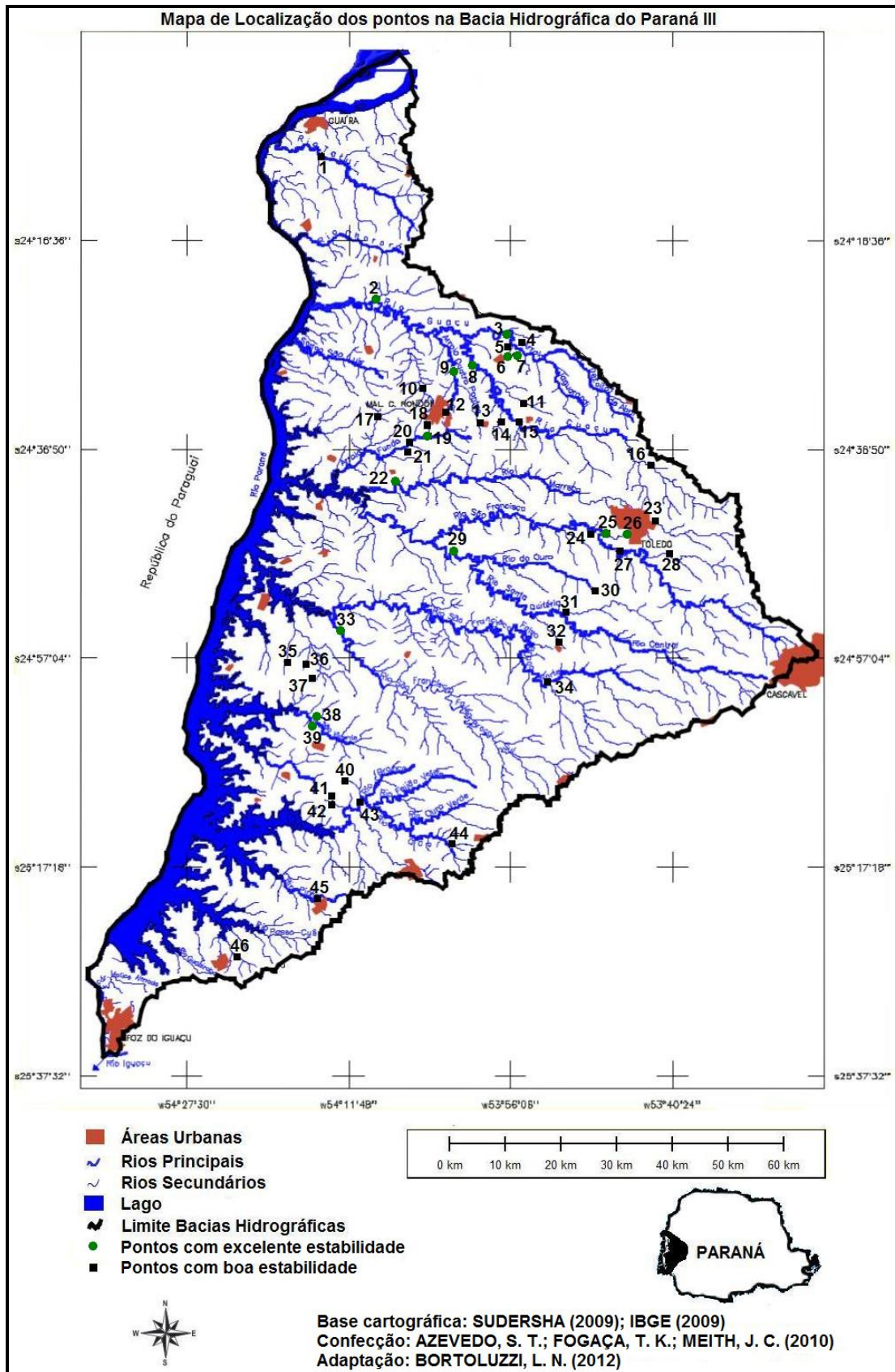


FIGURA 12 – Mapa de localização dos 46 pontos levantados no estudo. Com exceção do rio Paraná, os demais rios com linha grossa não indicam represamento. Base elaborada por AZEVEDO, S. T.; FOGAÇA, T. K.; MEITH, J. C. (2010) e adaptado por BORTOLUZZI, L. N. (2012).

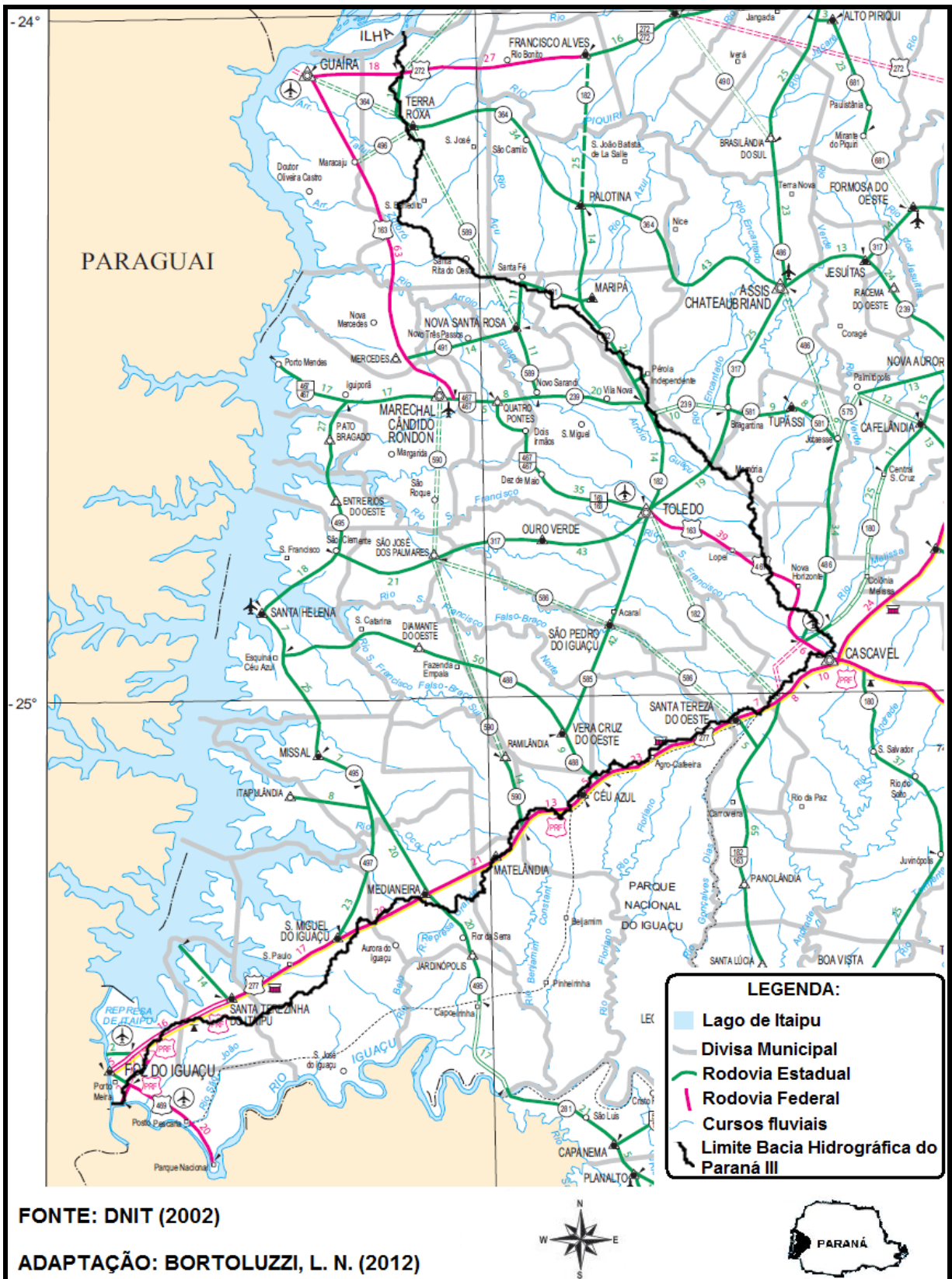


FIGURA 13 – Mapa das principais rodovias na bacia hidrográfica do Paraná III. Fonte: DNIT (2002).

Na rodovia municipal de Nova Santa Rosa (Nova Santa Rosa – Maripá) e as estradas estaduais PR 239, PR 467 e BR 277 foram definidos dois pontos. E por fim um ponto foi estabelecido nas rodovias restantes (PR 589, PR 182, PR 467, PR 488) e a rodovia municipal de contorno da área urbana de Toledo. Estes dados estão relacionados no Quadro 9.

A associação entre os materiais de origem antrópica nas margens e leitos com o tipo de solo existente nos leitos e nas margens contribui para entender o processo de estabilidade dos canais.

Dentre os tipos de material existentes nos leitos presentes no estudo, estão os pilares de pontes em dezessete locais, os leitos concretados dos bueiros em células de concreto ou dos pontilhões em dezessete oportunidades, presença de uma barragem de concreto a montante em um ponto e bueiro tubular de concreto totalmente integrado aos leitos em seis localidades. Em doze pontos não possuem estrutura alguma em seu leito.

Mesmo sem todos os canais possuírem estruturas em seus leitos, todos os pontos apresentam algum tipo de estrutura nas margens, estas estruturas influenciam nos processos fluviais quando ocorrem picos chuvosos ajustando o canal a maiores vazões, extrapolando a cota do nível d'água. São encontrados muros estabilizadores em margens de nove pontos, pilares de pontes em margens de dezesseis pontos e proteções de bueiros em margens de vinte e um pontos.

O nível de areia no leito foi estimado, não mensurado, para isso, levou-se em consideração as condições geológicas, pedológicas e tipo de canal, canais em cascata tendem a possuir quantidades inferiores de areia, predominando formas rochosas, assim sucessivamente, canais soleiras e depressões tendem a possuir quantidades superiores de areia, esses geralmente situados a médio e baixo curso.

Tendo em vista que a área abrangente do estudo é formada por solos constituídos em sua grande maioria por materiais finos, 31 pontos apresentam leitos compostos por argila+silte e somente 15 pontos apresentam leitos arenosos. Os dados aqui apresentados estão discriminados no anexo 2.

QUADRO 9 - Dados sumários de localização e aspectos gerais das estruturas avaliadas.

Ponto	Rodovia/Município	Rio/Córrego	Coordenadas Geográficas	Sub-unidade Morfoescultural	Classificação de Montgomery e Buffington	Uso da Paisagem	Tipo de estrutura
1	BR 163 – Guaira	Taturi	24°08'13"S 54°14'24"O	Planalto de Campo Mourão	Leito Plano	Agrícola e Pastagem	Ponte
2	BR 163 – Terra Roxa/Mercedes	Guaçu	24°22'16"S 54°08'58"O	Planalto de São Francisco	Leito Plano	Agrícola e Pastagem	Ponte
3	Rodovia Municipal – Nova Santa Rosa	Arroio Jaguarandi	24°25'31"S 53°56'31"O	Planalto de Campo Mourão	Leito Plano	Agrícola	Ponte
4	PR 491 – Nova Santa Rosa	Sanga das Antas	24°26'27"S 53°54'33"O	Planalto de Campo Mourão	Soleira e Depressão a montante; Escada Depressão a jusante	Agrícola	Pontilhão
5	Rodovia Municipal – Nova Santa Rosa e Maripá	Sanga Colibri	24°26'53"S 53°56'23"O	Planalto de Campo Mourão	Leito Plano	Agrícola	Bueiro Tubular de Concreto
6	PR 491 – Nova Santa Rosa	Sanga Xerê	24°27'32"S 53°56'17"O	Planalto de Campo Mourão	Leito Plano	Agrícola	Pontilhão
7	PR 491 – Nova Santa Rosa	Arroio Jaguarandi	24°27'37"S 53°55'49"O	Planalto de Campo Mourão	Leito Plano	Agrícola	Ponte
8	PR 491 – Nova Santa Rosa/Marechal Cândido Rondon	Córrego Guaçu	24°28'38"S 53°59'52"O	Planalto de Cascavel	Leito Plano	Agrícola	Ponte
9	PR 491 – Marechal Cândido Rondon	Quatro Pontes	24°29'00"S 54°01'41"O	Planalto de Cascavel	Leito Plano	Agrícola e Pastagem	Pontilhão
10	BR 163 – Marechal Cândido Rondon	Córrego Guavirá	24°31'01"S 54°04'42"O	Planalto de Cascavel	Soleira e Depressão	Periurbano	Bueiro Célula de Concreto
11	PR 589 – Toledo	Córrego Gavião	24°32'17"S 53°54'51"O	Planalto de Campo Mourão	Soleira e Depressão	Agrícola	Bueiro Tubular de Concreto
12	BR 163 – Marechal	Córrego Guará	24°33'13"S	Planalto de	Escada Depressão	Periurbano	Bueiro

	Cândido Rondon		54°02'24"O	Cascavel			Célula de Concreto
13	BR 163 – Quatro Pontes	Quatro Pontes	24°34'18"S 53°59'08"O	Planalto de Cascavel	Leito Plano	Periurbano	Bueiro Tubular de Concreto
14	PR 239 – Quatro Pontes	Sanga Leão	24°34'11"S 53°57'12"O	Planalto de Cascavel	Leito Plano	Agrícola	Bueiro Tubular de Concreto
15	PR 239 – Quatro Pontes/Toledo	Córrego Guaçu	24°34'08"S 53°55'06"O	Planalto de Cascavel	Leito Plano	Agrícola	Ponte
16	PR 182 - Toledo	Córrego Guaçu	24°38'12"S 53°42'38"O	Planalto de Cascavel	Leito Plano	Agrícola e Pastagem	Bueiro Célula de Concreto
17	PR 467 - Marechal Cândido Rondon	Curvado	24°33'36"S 54°08'56"O	Planalto de São Francisco	Soleira e Depressão	Periurbano	Bueiro Célula de Concreto
18	Rodovia Municipal – Marechal Cândido Rondon	Sanga Borboleta	24°34'28"S 54°04'00"O	Planalto de São Francisco	Cascata	Periurbano	Bueiro Célula de Concreto
19	Rodovia Municipal – Marechal Cândido Rondon	Arroio Fundo	24°35'29"S 54°04'06"O	Planalto de São Francisco	Soleira e Depressão	Agrícola	Pontilhão
20	Rodovia Municipal – Marechal Cândido Rondon	Palmital	24°36'19"S 54°05'54"O	Planalto de Foz do Iguaçu	Leito Plano	Agrícola	Pontilhão
21	Rodovia Municipal – Marechal Cândido Rondon	Córrego Mirim	24°36'53"S 54°06'05"O	Planalto de Foz do Iguaçu	Soleira e Depressão	Agrícola	Bueiro Célula de Concreto
22	Rodovia Municipal – Marechal Cândido Rondon	Rio Marreco	24°39'54"S 54°07'20"O	Planalto de Foz do Iguaçu	Soleira e Depressão	Agrícola e Pastagem	Ponte
23	BR 467 – Toledo	Toledo	24°43'49"S 53°42'00"O	Planalto de Cascavel	Escada Depressão	Periurbano	Ponte
24	PR 317 – Toledo	Córrego	24°44'59"S	Planalto de	Soleira e	Agrícola e	Bueiro

		Lajeado	53°48'07"O	Cascavel	Depressão	Pastagem	Célula de Concreto
25	PR 317 – Toledo	São Francisco	24°45'01"S 53°46'38"O	Planalto de Cascavel	Leito Plano	Periurbano	Ponte
26	Rodovia Municipal – Toledo	Toledo	24°45'09"S 53°45'05"O	Planalto de Cascavel	Leito Plano	Periurbano	Ponte
27	PR 585 – Toledo	São Francisco	24°46'39"S 53°45'44"O	Planalto de Cascavel	Leito Plano	Periurbano	Ponte
28	BR 467 – Toledo/Cascavel	Lopeí	24°46'57"S 53°40'36"O	Planalto de Cascavel	Leito Plano	Agrícola Pastagem	Ponte
29	PR 317 – Ouro Verde do Oeste/São José das Palmeiras	Santa Quitéria	24°46'41"S 54°01'30"O	Planalto de São Francisco	Leito Plano	Agrícola e Pastagem	Ponte
30	PR 585 – Toledo	Rio do Ouro	24°50'20"S 53°48'07"O	Planalto de Cascavel	Escada Depressão	Agrícola	Bueiro Célula de Concreto
31	PR 585 – Toledo/São Pedro do Iguaçu	Santa Quitéria	24°52'32"S 53°50'56"O	Planalto de São Francisco	Escada Depressão	Agrícola	Ponte
32	PR 585 – São Pedro do Iguaçu	Córrego São Pedro	24°55'29"S 53°51'19"O	Planalto de São Francisco	Soleira e Depressão	Periurbano	Bueiro Célula de Concreto
33	PR 488 – Santa Helena	São Francisco Falso Braço Norte	24°54'09"S 54°12'37"O	Planalto de Foz do Iguaçu	Leito Plano	Agrícola e Pastagem	Ponte
34	PR 585 – São Pedro do Iguaçu/Vera Cruz do Oeste	Turvo	24°59'28"S 53°52'31"O	Planalto de São Francisco	Escada Depressão	Agrícola	Ponte
35	PR 495 – Santa Helena	Córrego Pacuri	24°57'23"S 54°17'53"O	Planalto de Foz do Iguaçu	Leito Plano a montante; Soleira e Depressão a jusante	Agrícola	Bueiro Célula de Concreto
36	PR 495 – Santa Helena	Rio Moreninha	24°57'30"S 54°15'57"O	Planalto de Foz do Iguaçu	Leito Plano	Agrícola e Pastagem	Bueiro Célula de Concreto



37	PR 495 – Santa Helena	Rio Morenão	24°58'58"S 54°15'08"O	Planalto de Foz do Iguaçu	Leito Plano	Agrícola	Bueiro Tubular de Concreto
38	PR 495 – Missal	Córrego Lajeado	25°02'42"S 54°14'58"O	Planalto de Foz do Iguaçu	Leito Plano	Agrícola	Bueiro Célula de Concreto
39	PR 495 – Missal	Rio São Vicente	25°03'36"S 54°15'20"O	Planalto de Foz do Iguaçu	Leito Plano	Agrícola	Ponte
40	PR 495 – Missal	Rio São João	25°09'00"S 54°12'18"O	Planalto de São Francisco	Soleira e Depressão a montante; Escada Depressão a jusante	Agrícola	Bueiro Célula de Concreto
41	PR 497 - Itaipulândia	Córrego Cedro	25°10'38"S 54°13'19"O	Planalto de Foz do Iguaçu	Soleira e Depressão	Agrícola	Bueiro Tubular de Concreto
42	PR 497 - Itaipulândia	Córrego Cedro	25°10'58"S 54°13'20"O	Planalto de Foz do Iguaçu	Leito Plano	Agrícola e Pastagem	Bueiro Tubular de Concreto
43	PR 495 – Missal/Medianeira	Rio Ocoí	25°11'07"S 54°10'40"O	Planalto de Foz do Iguaçu	Leito Plano	Agrícola e Pastagem	Ponte
44	BR 277 - Medianeira	Rio Ocoí	25°15'11"S 54°01'53"O	Planalto de São Francisco	Soleira e Depressão	Agrícola	Pontilhão
45	PR 497 – São Miguel do Iguaçu	Rio Leão	25°20'16"S 54°14'54"O	Planalto de Foz do Iguaçu	Soleira e Depressão	Periurbano	Bueiro Célula de Concreto
46	BR 277 – Santa Terezinha de Itaipu	Córrego Bonito	25°26'00"S 54°22'30"O	Planalto de Foz do Iguaçu	Escada Depressão	Agrícola	Bueiro Célula de Concreto

As margens de todos os rios em estudo são formadas por solos predominantemente argilosos e silteosos, o que garante solos de margens com alto nível de agregação, sendo assim, solos menos erodíveis. De todos os pontos estudados, apenas um apresenta além da composição predominante de argila e silte, boa quantidade de areia em sua composição, o que lhe possibilita um solo mais dinâmico aos processos erosivos e deposicionais. Além disso, um dos pontos apresenta em suas margens rochas com grande diâmetro, conferindo-lhes a existência de matacões.

Sobre a inclinação das margens dos canais estudados, quarenta e quatro pontos, possuem inclinação vertical de 90°, característica de canais altamente encaixados, enquanto que apenas dois pontos apresentam inclinação média das margens em torno de 45°.

Analisando a vegetação dos locais estudados, verifica-se a existência predominante de mata secundária na formação da mata ciliar, sendo essa, aquela mata que está em processo de regeneração em locais onde em um momento histórico recente, tenha sido desmatado. Merece ser ressaltado ainda que em quatro áreas estudadas, parte das margens é utilizada para pastagem, sendo cobertas por gramíneas. Outro local também possui parte de sua área com gramíneas, porém é utilizado para fins de lazer, existindo um parque no local.

Foi registrado algum tipo de processo erosivo ou deposicional em vinte e cinco pontos. Percebe-se que quando isso ocorre, quase sempre a obra instalada no local é bueiro tubular de concreto ou bueiro celular de concreto, cinco e quinze pontos respectivamente, além de três pontilhões e duas pontes.

Dos vinte e um pontos que não apresentam processos erosivos ou deposicionais, apenas um apresenta estrutura bueiro tubular de concreto e um bueiro celular de concreto, enquanto que pontilhões sem processo erosivo e deposicional são três e dezesseis pontes. O desmoronamento local é presente em apenas dois lugares, causados por processos antrópicos. Dados estes apresentados no Anexo 3. Os valores dos indicadores de cada ponto são discriminados no Quadro 10.

QUADRO 10 - Pontuação dos canais em estudo seguindo os treze critérios estabelecidos pela metodologia.

Ponto	Rio/Córrego	Indicadores													Total	Nível de estabilidade do canal
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Taturi	5	1	1	5	7	1	10	6	12	6	2	1	1	59	Bom
2	Guaçu	5	1	1	5	5	1	3	4	10	6	3	1	1	46	Excelente
3	Arroio Jaguarandi	5	1	3	2	2	1	3	2	12	6	3	1	3	44	Excelente
4	Sanga das Antas	5	3	5	2	2	1	3	2	12	6	3	1	10	55	Bom
5	Sanga Colibri	5	3	1	2	2	1	4	2	12	9	3	1	1	46	Bom
6	Sanga Xerê	5	3	1	2	2	1	6	2	12	6	3	1	1	45	Excelente
7	Arroio Jaguarandi	5	1	1	2	2	1	3	2	12	6	3	1	1	40	Excelente
8	Córrego Guaçu	5	1	1	2	5	1	3	4	10	6	3	1	1	43	Excelente
9	Quatro Pontes	5	2	1	2	2	1	3	2	12	9	3	1	1	44	Excelente
10	Córrego Guavirá	7	3	1	3	8	1	9	6	12	9	6	1	1	67	Bom
11	Córrego Gavião	5	3	2	2	2	1	6	2	12	6	4	1	5	51	Bom
12	Córrego Guará	8	3	1	3	2	1	6	2	12	7	3	1	1	50	Bom
13	Quatro Pontes	7	3	1	4	2	1	6	2	12	8	3	1	1	51	Bom
14	Sanga Leão	5	2	1	2	5	1	6	4	12	7	3	1	1	50	Bom
15	Córrego Guaçu	5	1	1	2	5	1	3	4	12	6	7	1	1	49	Bom
16	Córrego Guaçu	5	1	3	7	5	1	9	2	12	6	6	1	12	70	Bom
17	Curvado	5	3	2	2	2	1	6	2	12	6	4	1	3	49	Bom
18	Sanga Borboleta	7	3	1	9	1	1	7	1	12	6	1	1	1	51	Bom
19	Arroio Fundo	7	3	1	3	1	1	3	1	12	8	3	1	1	45	Excelente
20	Palmital	5	3	3	2	1	1	6	2	12	7	6	1	6	55	Bom
21	Córrego Mirim	5	3	3	2	1	1	6	2	12	7	6	1	6	55	Bom
22	Rio Marreco	5	1	1	5	3	1	3	3	12	7	3	1	1	46	Excelente
23	Toledo	8	2	1	7	2	1	3	2	10	9	3	1	1	50	Bom
24	Córrego Lajeado	5	2	1	2	3	1	9	2	12	6	6	1	3	53	Bom
25	São Francisco	9	1	1	2	5	1	3	2	12	6	3	1	1	47	Excelente
26	Toledo	9	2	1	2	3	1	3	2	12	6	3	1	3	48	Excelente
27	São Francisco	9	1	1	2	4	1	3	3	12	8	3	1	1	49	Bom
28	Lopeí	5	1	1	1	5	1	3	2	12	6	5	1	10	53	Bom
29	Santa Quitéria	5	1	1	7	5	1	3	2	12	6	3	1	1	48	Excelente

30	Rio do Ouro	5	3	1	3	3	1	6	2	12	6	3	1	1	47	Bom
31	Santa Quitéria	5	1	1	7	4	1	3	3	12	7	3	1	3	51	Bom
32	Córrego São Pedro	7	3	1	2	3	1	6	2	12	6	3	1	2	49	Bom
33	São Francisco Falso Braço Sul	5	1	1	7	5	1	3	2	12	6	3	1	1	48	Excelente
34	Turvo	5	1	1	3	4	1	3	2	12	7	3	1	1	44	Bom
35	Córrego Pacuri	6	3	1	2	2	1	4	2	12	11	3	1	2	50	Bom
36	Rio Moreninha	7	3	1	7	2	1	6	2	12	11	3	1	2	58	Bom
37	Rio Morenã	5	3	1	2	2	1	8	2	12	11	3	1	2	53	Bom
38	Córrego Lajeado	5	3	1	2	3	1	6	2	12	6	3	1	1	46	Excelente
39	Rio São Vicente	5	1	1	2	2	1	3	2	12	6	3	1	1	40	Excelente
40	Rio São João	5	3	2	2	1	1	6	2	12	8	3	1	8	54	Bom
41	Córrego Cedro	6	3	2	2	1	1	9	2	12	8	5	1	8	60	Bom
42	Córrego Cedro	5	3	2	2	1	1	7	2	12	8	5	1	8	57	Bom
43	Rio Ocoí	6	1	1	7	4	1	3	3	12	11	3	1	1	54	Bom
44	Rio Ocoí	5	2	1	7	3	1	4	2	12	6	3	1	3	50	Bom
45	Rio Leão	9	3	3	4	2	1	12	2	12	9	6	1	3	67	Bom
46	Córrego Bonito	5	3	3	4	2	1	10	2	12	6	3	1	7	59	Bom

## CAPÍTULO 5

### DISCUSSÕES

Neste capítulo, os dados sistematizados no capítulo anterior são analisados, sendo que primeiramente ocorre a apresentação referente aos pontos situados em cada uma das oito grandes bacias hidrográficas selecionadas. Após é relacionado dados de estabilidade com cada tipo de estrutura de transposição do talvegue e com os planaltos a qual os pontos estão inseridos

#### 5.1. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TATURÍ

A bacia hidrográfica do rio Taturí corresponde à porção mais ao norte de toda a mesorregião Oeste do estado do Paraná. Nesta área existe pouco recorte rodoviário e hidrográfico, apresentando apenas um ponto em estudo, denominado de ponto 1, situado no próprio rio Taturí. Deste modo, a análise refere-se não a toda bacia hidrográfica e sim unicamente ao ponto 1.

Trata-se de uma área localizada próxima a transição geológica do oeste e noroeste no estado do Paraná, mudança do Basalto (mesorregião oeste) recorrente em toda área do estudo para o Arenito Caiuá, presente na mesorregião noroeste do estado, limitados pelo curso do rio Piquiri. Sendo assim, este é o ponto mais próximo de uma área predominantemente arenosa, recebendo influência direta do arenito, pois, verifica-se maior presença de areia na composição do solo presente no leito e margens, sendo claramente visível nas margens do canal (Figura 14).

Percebe-se que este ponto é o que apresenta a maior dinâmica morfológica, tanto que, em ambas as margens a montante da ponte estão construídas barreiras de proteção, como pode ser visto na Figura 15.



FIGURA 14 – Presença de areia na margem direita do rio Taturi (Ponto 1), BR 163 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 27/10/2011).



FIGURA 15 – Barreiras de proteção em ambas as margens a montante da ponte sobre o rio Taturí, sendo indicadas pelas setas brancas (Ponto 1), BR 163 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 27/10/2011).

Esta bacia hidrográfica possui quantidades superiores de areia na composição do solo que nas demais bacias hidrográficas do estudo. Por isso é o ponto que apresenta o comportamento mais chamativo entre todos, entretanto,

mesmo sendo o local morfológicamente mais dinâmico, sua estabilidade conforme a metodologia de Johnson (2006) é caracterizada como boa.

## 5.2. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUAÇU

Nesta bacia hidrográfica foram levantados quinze pontos, dos quais quatro estão situados ao longo do curso fluvial do rio Guaçu (pontos 2, 8, 15 e 16) e onze pontos em seus afluentes (pontos 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13 e 14).

Estes pontos situam-se em três unidades geomorfológicas distintas, são elas, Planalto de Cascavel, Planalto de São Francisco e Planalto de Campo Mourão.

Em três das quinze situações existem níveis significantes de urbanização, são elas, nos pontos 10, 12 e 13. Porém a paisagem predominante é o uso das bacias hidrográficas para agricultura e pecuária, sendo utilizada inclusive a planície de inundação para o cultivo em alguns trechos (Figura 16).



FIGURA 16 – Planície de inundação do rio Guaçu sendo utilizada para cultivo temporário (Ponto 8), PR 491 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 02/12/2010).

A alteração mais visível é a erosão fluvial no leito e margens a jusante, formando a lagoa de saída, isto ocorre nos pontos 10, 12, 13 e 16 (Figura 17). Ainda nos pontos 6 e 16 evidencia-se assoreamento em parte do canal.



FIGURA 17 – Formação de lagoa de saída no córrego Guavirá (Ponto 10), BR 163 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data 25/10/2010).

Os solos oriundos do basalto garantem maior coesão, sendo assim, comportamento menos dinâmico, mesmo não sendo solos suscetíveis, ainda assim, ocorrem pontos com processos erosivos e ou deposicionais. Analisando estes processos, são eles, presentes nos locais onde estão instalados os bueiros tubulares e os bueiros celulares de concreto. Onde ocorrem instalações de pontes ou pontilhões, a grande maioria possui excelente grau de estabilidade. Em um total de quinze pontos, onze evidenciam boa estabilidade (pontos 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16). Enquanto que, em seis pontos a estabilidade é excelente (pontos 2, 3, 6, 7, 8 e 9).

### 5.3. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO

Nesta bacia hidrográfica foram levantados o maior número de pontos (16 ao todo) abarcando desde o ponto 17 ao 32 (tabela 10), distribuídos nas unidades geomorfológicas dos Planaltos de Cascavel, São Francisco e Foz do Iguaçu.

As estruturas situadas em área de maior urbanização estão nesta bacia hidrográfica, porém nenhuma delas possui um nível elevado de urbanização, ou seja, uma área com índices elevados de solos impermeabilizados. Isto ocorre, pois nenhum ponto foi levantado dentro de áreas urbanas, apenas em espaços



periurbanos. Os únicos pontos com maior influência de área urbana situam-se próximos à cidade de Toledo (pontos 23 e 26).

Quanto maior a área da bacia hidrográfica ocupada pela urbanização, maior tende ser a condição de instabilidade no curso d'água. A impermeabilização intensa do solo urbano pelas moradias, calçadas e asfaltos gera picos de escoamento superficial que chegam ao canal com velocidade superior a áreas vegetadas ocasionando mudanças morfológicas pela força exercida pela água.

O cenário apresentado nesta bacia hidrográfica é semelhante à evidenciada na bacia hidrográfica do rio Guaçu, mostrando que preferencialmente ocorrem distúrbios no trecho de instalação de obras fluviais quando as obras são bueiros celulares de concreto e bueiros tubulares de concreto. Também existem pontos com processos erosivos em pontes e pontilhões, porém é menos frequente (Figura 18).



FIGURA 18 – Migração lateral na margem esquerda no rio Lopeí abaixo de ponte (Ponto 28), BR 467 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 02/05/2011).

Dos dezesseis pontos situados nesta bacia hidrográfica, cinco deles apresentaram estabilidade excelente (pontos 19, 22, 25, 26 e 29). Enquanto que os outros onze pontos estão sob boa estabilidade (pontos 17, 18, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 30, 31 e 32). Está análise pode ser creditada a maior presença de pontos marginados por urbanização, além de também possuir locais com sua planície de

inundação tendo parte utilizada para cultivo, não estando totalmente protegida pela vegetação.

#### 5.4. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO FALSO

A presente bacia hidrográfica possui cinco estruturas levantadas, referentes aos pontos 33, 34, 35, 36 e 37. Estão situados nas unidades geomorfológicas do Planalto de São Francisco e Planalto de Foz do Iguaçu.

Um levantamento foi considerado com estabilidade excelente (ponto 33), localizado em uma ponte e os demais caracterizados com boa estabilidade. Dos quais, um ponto com boa estabilidade está em uma ponte, ponto 34, dois sob bueiros celulares de concreto, pontos 35 e 36, e outro ponto sob bueiro tubular de concreto, ponto 37.

Destacou-se nos levantamentos desta bacia hidrográfica o uso da planície de inundação para a criação de gado em três dos cinco pontos, característica que dificulta o condicionamento da estabilidade excelente (Figura 19).



FIGURA 19 – Pisoteamento do gado para ter acesso à água provocando erosão a montante do bueiro celular de concreto no córrego Pacurí (Ponto 35), PR 495 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 06/10/2011).

Três pontos apresentaram problemas erosivos nas proximidades das obras, a formação da lagoa de saída nos pontos 35, 36 e 37, fato ocasionado pelo

modelo de estrutura utilizado, como nas demais situações, além de assoreamento a montante do ponto 37 (Figura 20) e erosão a montante pelo pisoteamento do gado no acesso a água no ponto 35.



FIGURA 20 – Assoreamento a montante do bueiro tubular de concreto no rio Moreirão (Ponto 37), PR 495 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data 06/10/2011).

### 5.5. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO VICENTE

Apenas dois pontos foram levantados nesta bacia hidrográfica, sendo o ponto 38, que está localizado no córrego lajeadinho e o ponto 39 no rio São Vicente, ambos pertencentes à unidade geomorfológica do Planalto de Foz do Iguaçu.

As pontuações dos dois canais lhe conferem o nível excelente de estabilidade dos canais fluviais nas áreas adjacentes a estrutura de transposição do talvegue.

Foi localizada a formação de lagoa de saída à jusante no ponto 38, onde é situado um bueiro celular de concreto, processo este ainda incipiente. No ponto 39 não há processos erosivos significativos (Figura 21).



FIGURA 21 – Vista da jusante em direção a ponte no rio São Vicente (Ponto 39), PR 495, canal com nível excelente de estabilidade (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 06/10/2011).

Neste ponto está instalada uma ponte. Os dois locais apresentam mata ciliar significativa sem atividade humana na planície de inundação, isso contribui na manutenção da estabilidade alcançada.

## 5.6. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO OCOÍ

Foram levantados cinco pontos nesta bacia hidrográfica, inserida nas unidades geomorfológicas denominadas Planalto de Foz do Iguaçu e Planalto de São Francisco. Um dos levantamentos se situa no rio São João (Ponto 40), dois levantamentos no córrego Cedro (Pontos 41 e 42) e dois levantamentos no rio Ocoí (Pontos 43 e 44).

Os cinco levantamentos submetidos à tabela de Johnson (2006) resultaram na condição de estabilidade nível bom. Foram identificadas erosões a jusante com formação de lagoa de saída nos pontos 40, 41 e 42, dos quais um é bueiro celular de concreto e os demais bueiros tubulares de concreto.

Parte da planície de inundação do ponto 40 também é utilizada para a pecuária, sendo que esta atividade ocasiona erosão a montante da obra instalada, visualizada na Figura 22.



FIGURA 22 – Vista do canal a montante do bueiro celular de concreto no rio São João (Ponto 40), PR 495 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data 06/10/2011).

Apesar dos pontos 43 e 44 serem ponte e pontilhão respectivamente e não apresentarem processos erosivos ou deposicionais significativos, as somas referentes aos dois pontos não os condicionaram a situação de estabilidade excelente.

## 5.7. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PINTO

Certamente é no único ponto desta bacia hidrográfica que a urbanização é mais influente na dinâmica do canal. O ponto 45, situado no rio Leão, afluente do rio Pinto, na unidade geomorfológica do planalto de Foz do Iguaçu, fica muito próximo da área urbanizada da cidade de São Miguel do Iguaçu, podendo ser visto na Figura 23.

Um fato marcante neste ponto, é que a montante do bueiro celular de concreto existe uma represa de concreto (Figura 24), que era utilizada antigamente na captação de água para o abastecimento da cidade.

Na margem esquerda do canal, a área entre os loteamentos e o canal, local que em parte existe a planície de inundação ativa é ocupado por gramíneas para a pecuária. Existe mata ciliar, porém a largura da mesma é pequena, menor que prevista em lei nas duas margens.

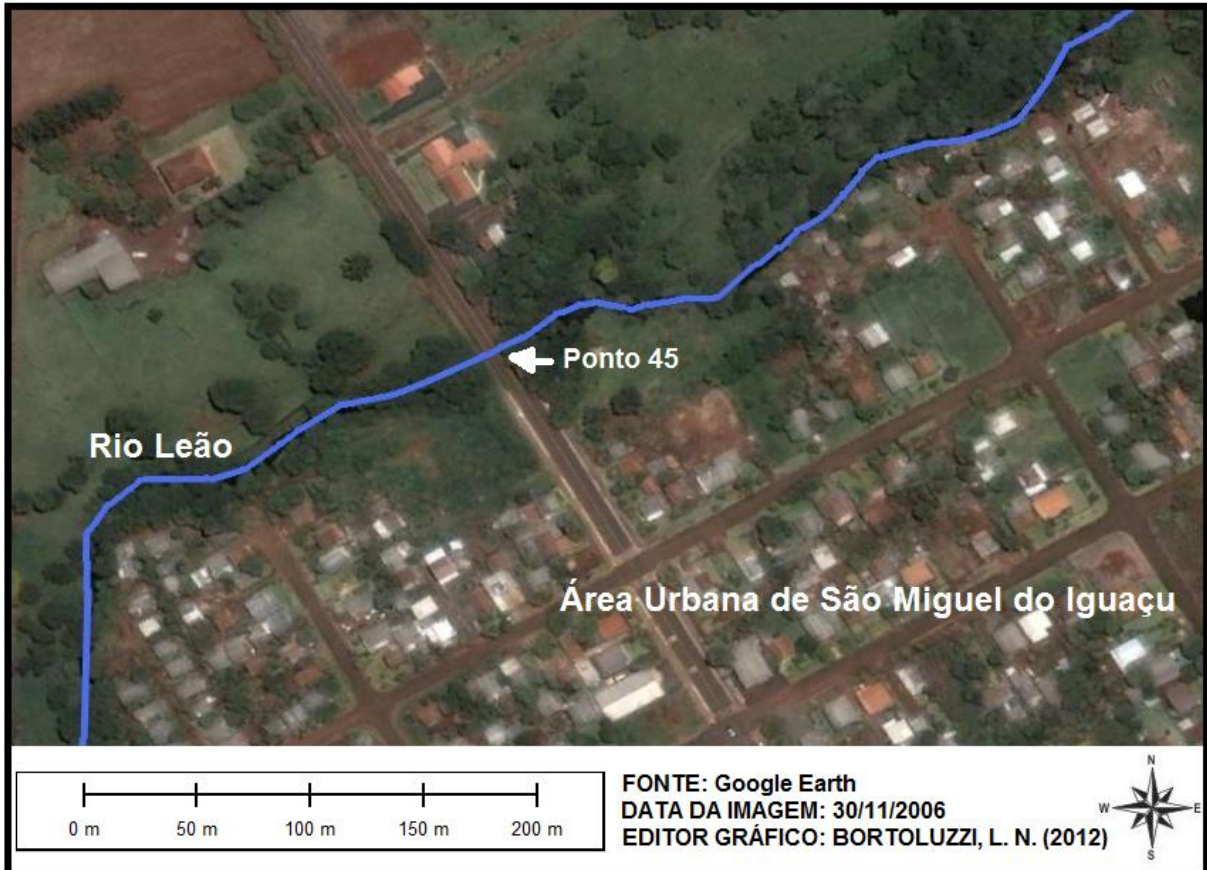


FIGURA 23– Vista aérea do ponto 45, onde pode-se observar a urbanização muito próxima do canal. (Imagem de satélite retirada do software Google Earth).



FIGURA 24 – Represa inutilizada a montante do bueiro celular de concreto no rio Leão (Ponto 45), PR 497 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 18/01/2012).

O resultado do processo de ocupação ao redor do rio leão e o bueiro celular de concreto instalado no local condicionam uma pontuação que estabelece a

estabilidade em nível bom. Também é presente a formação da lagoa de saída à jusante do bueiro.

## 5.8. BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BONITO

Está é a bacia hidrográfica localizada mais ao sul de toda a área de estudo. É formada unicamente pelo ponto 46, localizado no córrego Bonito (Figura 25), situada na unidade geomorfológica do planalto de Foz do Iguaçu.



FIGURA 25 – Formação de lagoa de saída a jusante do bueiro celular no córrego Bonito (Ponto 46), BR 277 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data 23/12/2011).

O ponto 46 possui um bueiro celular de concreto, e esta estrutura como na maioria dos casos formou a jusante uma lagoa de saída provocando erosão fluvial nas margens e leito do canal.

Devido aos problemas de erosão localizados a jusante, o ponto ficou caracterizado pela boa estabilidade do córrego. A planície de inundação é preservada, com mata secundária em ambas as margens.

## 5.9. OS PROCESSOS EROSIVOS E A ESTABILIDADE DAS ESTRUTURAS

Como todas as análises de estabilidade dos canais apresentaram condições boas ou excelentes, não ocorrem estruturas de transposição de canais comprometidas. Verificam-se apenas dois indícios em que os processos erosivos poderiam afetar a estabilidade das estruturas no futuro (Figuras 26 e 27).



FIGURA 26 – Migração lateral na margem direita do canal a montante do bueiro celular de concreto no rio Guaçu (Ponto 16), PR 182 (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 02/06/2011).



FIGURA 27 – Erosão em ambas as margens e no leito a jusante do bueiro celular de concreto, córrego Mirim (Ponto 21), rodovia municipal de Marechal Cândido Rondon (Foto: Leandro Neri Bortoluzzi, data: 27/10/2011).



O primeiro existe no ponto 16, o ponto mais a montante do rio Guaçu, onde há uma breve migração lateral do canal na margem direita, migração está que ocasiona a remoção de material atrás da barreira de proteção da margem direita. A outra situação ocorre no córrego Mirim, o ponto 21, existindo erosão em ambas as margens e no leito a jusante da obra, deixando parte da estrutura exposta. Ambos os casos foram observados em bueiro celular de concreto.

#### 5.10. RELAÇÃO ENTRE ESTRUTURAS E O NÍVEL DE ESTABILIDADE

Analisando a Figura 28, pode-se constatar que em estruturas de bueiros, de ambas as formas, as condições de estabilidade do canal fluvial são mais prejudicadas que em outras estruturas, não mantendo o nível excelente de estabilidade, ao passo que nos pontilhões a proporção entre níveis bons e excelentes é de 50%. Já, nas pontes, existem mais pontos com nível excelente que com níveis bons.

Quanto maior for a área livre para a passagem do fluxo fluvial, menor é a interferência da obra nas condições de estabilidade de leitos e margens, o processo oposto ocorre em áreas onde as estruturas concentram o fluxo em um espaço menor, ocasionando a turbulência do fluxo, gerando uma vazão com maior capacidade de remoção e transporte de sedimentos. Nestes pontos onde a área para a passagem do fluxo é menor, quando ocorrem picos chuvosos que geram o transbordo do nível de margens plenas, a estrutura não possui capacidade de escoar todo o caudal instantaneamente, ocasionando o efeito barragem. A Figura 29 demonstra exemplos de níveis de estabilidade em cada tipo de estrutura.

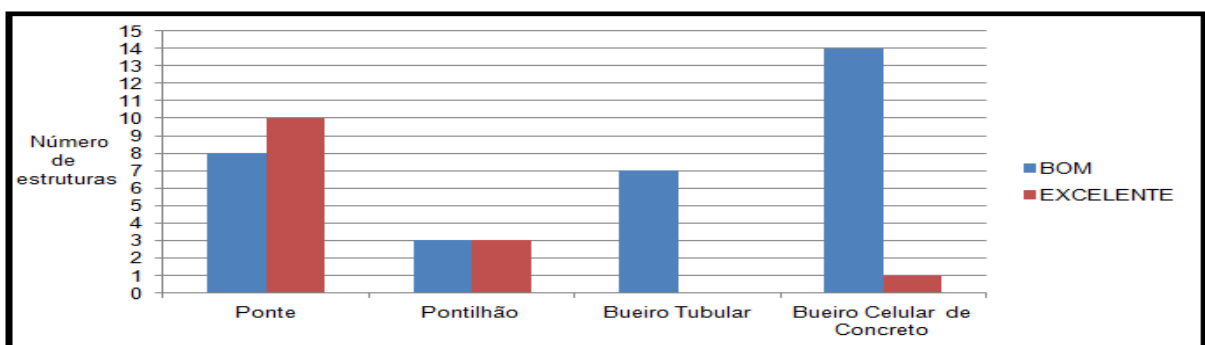


FIGURA 28 – Gráfico da relação entre nível de estabilidade e os tipos de estruturas (Confecção: Leandro Neri Bortoluzzi).



FIGURA 29 – Exemplo de níveis excelente e boa estabilidade para cada tipo de estrutura. Não há figura referente a excelente estabilidade em bueiro tubular de concreto, pois o mesmo não foi encontrado no estudo. (Confecção: Leandro Neri Bortoluzzi).

Os tipos de solos encontrados na bacia do Paraná III garantem a estabilidade das margens. Os solos são caracterizados por altas porcentagens de argila em sua composição, sendo baixos os teores de areia, propiciando solos menos propensos a processos erosivos.

A vegetação também influencia na manutenção da estabilidade das margens e das áreas aterradas para o suporte das estruturas, a mata ciliar amortece o impacto do fluxo de água, seja fluvial ou pluvial no contato com o solo, além de condicionar uma estrutura de suporte ao solo.

Em áreas urbanas devido a impermeabilização do solo causada pelas estradas pavimentadas, calçadas, casas, a velocidade do escoamento superficial até os fundos de vale é maior em relação a áreas agrícolas, conferindo-lhe a estas águas, maior poder erosivo.

#### 5.11. RELAÇÃO ENTRE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS E NÍVEL DE ESTABILIDADE

Confrontando os dados entre as unidades geomorfológicas e o nível de estabilidade (Figura 30), todos apresentam a predominância do nível bom de estabilidade, proporcionalmente a unidade geomorfológica de Campo Mourão é a área onde as condições diferentes mais se aproximam, sendo também há área com menor quantidade de levantamentos.

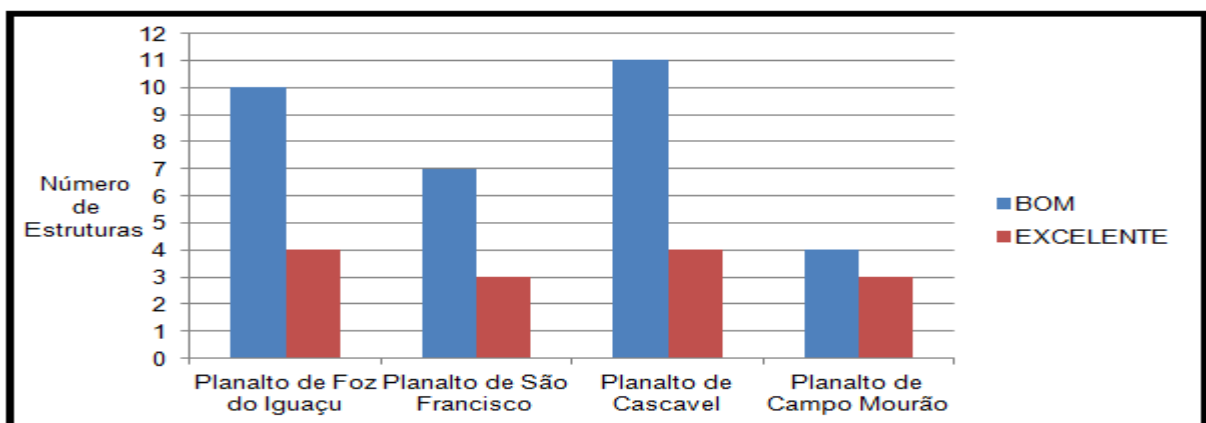


FIGURA 30 – Gráfico da relação entre as unidades geomorfológicas e o nível de estabilidade dos canais fluviais (Confecção: Leandro Neri Bortoluzzi).

Estes dados mostram, que tanto nas proximidades do divisor de água da Bacia Hidrográfica do Paraná III, quanto nas baixas áreas, próximas ao Lago de

Itaipú, ocorrem o predomínio dos níveis bons de estabilidade. Apenas ao Norte da Bacia estes dados são similares.

Esta relação é ressaltada quando verificando a inclinação das margens dos rios. Pois, com exceção de dois dos quarenta e seis pontos, todos apresentam inclinação de  $90^\circ$  nas margens, característica de canais encaixados, com vales em "V". Esse tipo de vale demonstra segundo Christofolletti (1981) o equilíbrio entre o entalhamento e o alargamento, esculpido geralmente em solos homogêneos.

Ao comparar este estudo, com o de Johnson (2006), percebeu-se maior variação dos níveis de estabilidade na análise de Johnson, vale ressaltar, que este foi realizado em distintas unidades fisiográficas nos Estados Unidos da América, possuindo uma variação geológica, geomorfológica, pedológica e climática superior as diferentes unidades deste estudo, que possui algumas características muito semelhantes. Neste estudo de Johnson (2006) também ocorreu maior variação de tipos de canais conforme Montgomery e Buffington (1997). Na análise de Johnson (2006) houve cinco canais excelentes, vinte e sete bons, vinte e um razoáveis e quatro pobres, totalizando cinquenta e sete estruturas analisadas.

## CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Efetivado todos os encaminhamentos propostos neste estudo, algumas considerações são levantadas sobre o tema exposto. Primeiramente, podemos ressaltar que as pontes, são as estruturas que por possuírem vãos livres, garantem a maior confiabilidade da manutenção da dinâmica natural dos processos fluviais, modificando menos a paisagem no que tange ao recorte dos canais fluviais pelas rodovias, seguido pelos pontilhões.

Os bueiros celulares de concreto e os bueiros tubulares de concreto são as estruturas que mais alteram a condição de habitat fluvial, modificando a morfologia de alguns canais principalmente a jusante, pois concentram o fluxo na estrutura, liberando este fluxo a jusante com maior poder erosivo.

Isso é visível analisando a condição de estabilidade de cada um dos pontos estudados, sendo que, em pontes existem mais níveis de excelentes do que níveis bons. Em pontilhões os níveis bons e excelentes se dão igualmente. E a quantidade de boa estabilidade é superior à porção de excelente estabilidade em ambas as formas de bueiros.

Não foram verificados pontos com estabilidade comprometida, sendo estas regulares ou péssimas. Há hipótese atribuída a este fato se dá pela associação entre os tipos de solos existentes na área de estudo. Solos com menor porcentagem de areia em suas composições e grande teor de argila e silte e o relevo, apresentando dissecações médias e baixas.

A manutenção da vegetação nas margens de todos os rios analisados também demonstra ser um fator de garantia da estabilidade das margens, que influencia na condição de cursos d'água estáveis.

Dentre as alterações ocorridas nos quarenta e seis pontos estudados, percebeu-se que a alteração mais recorrente é a formação de lagoa de saída a jusante dos bueiros, tanto celulares quanto tubulares.

Em relação às unidades geomorfológicas estudadas, não surgiu nenhum padrão de comportamento dos pontos associados às unidades geomorfológicas. Sendo que nas quatro unidades prevaleceu a superioridade dos níveis bons de estabilidade em relação aos níveis excelentes de estabilidade. A menor amplitude

entre os níveis excelentes e bons ocorreram no planalto de Campo Mourão, com apenas um ponto a mais com boa condição em relação a excelente estabilidade. Os demais apresentaram sete, seis e quatro pontos de estabilidade boa a mais que pontos excelentes, planalto de Cascavel, planalto de Foz do Iguaçu e planalto de São Francisco, respectivamente.

Sobre a interferência dos processos fluviais na estabilidade das obras, identificou-se que isto é praticamente inexistente, onde apenas dois pontos evidenciam remoção de parte do material das margens e leitos, que futuramente possam vir a romper, são estes, os pontos 16 e 21.

O uso da metodologia de Johnson (2006) que apresenta característica de possuir baixo custo, fácil e rápida aplicação foi considerado positivo para ser empregado na avaliação preliminar das condições de estabilidade dos canais fluviais, porém a aplicação do mesmo é subjetiva, necessitando-se assim do pesquisador estabelecer critérios bem definidos para pontuar os critérios da metodologia.

## RECOMENDAÇÕES

Com base nas considerações levantadas sobre a temática, recomenda-se que pensando em contribuir para a manutenção dos habitats aquáticos menos alterados se busque evitar instalar bueiros celulares e tubulares de concreto nas passagens de rodovias sobre rios, principalmente em locais de predomínio de solos altamente arenosos. Como também os bueiros já instalados possam ser substituídos por estruturas que garantam a dinâmica natural na passagem dos seres vivos aquáticos e alterem em menor quantidade a dinâmica do fluxo hidrológico do canal, sendo estes menos turbulentos e menos propensos a causar erosão.

Na instalação de pontes, é sugestivo que se evite a instalação de pilares dentro do canal quando possível, pois os mesmos podem gerar fluxos turbulentos modificando as condições naturais de correnteza do canal no local.

É recomendada ainda a manutenção da vegetação natural nas margens e planície de inundação, pois estas contribuem para que se tenham margens menos propensas a erosão e ainda diminuem a entrada de cargas de sedimentos provindas de áreas topograficamente mais altas.

Verifica-se também a necessidade de gerar um estudo comparativo a este em áreas com variação de solos e em áreas de concentração das precipitações em meses específicos alternadas com períodos de seca, que sirvam de suporte para o melhor entendimento destas análises.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB´SABER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas, São Paulo, Ateliê Editorial, 2003.

ATHAYDE , G. B. Análise estrutural e hidroquímica do aquífero Serra Geral na bacia hidrográfica do Paraná III. **Dissertação de Mestrado** – UFPR. Curitiba (PR). 2008.

BRICE, J. Planform properties of meandering rivers. In: Elliott, C.M. (ed.) **River meandering, Proceedings of Conference Rivers 83**, New York: American Society of Civil Engineers, 1-15, 1984.

CHURCH, C. Channel morphology and typology. In: Callow, P. e Petts, G.E. (eds). **The rivers handbook: hydrological and ecological principles**, vol.1, Blackwell, Oxford, 126-143. 1992.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo. Edgard Blücher. 1980.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

CORTES, R. M. V. Requalificação de cursos de água. 2004. Documento preliminar. Disponível em: <[http://www1.ci.uc.pt/floresta/Requalific\\_cursos\\_agua.pdf](http://www1.ci.uc.pt/floresta/Requalific_cursos_agua.pdf)>. Acesso em 20/01/2008.

COUTO, L. T; CARDOSO, A. H. **Erosões Localizadas Junto de Encontros e Pilares de Pontes**. Parte I - Caracterização da situação de referência, Recursos Hídricos, Vol. 22, nº 1, 2001. p.65-74

DEITOS, N. J. A igreja católica no oeste do Paraná e sua atuação no processo de colonização. In: VANDERLINE, T.; GREGORY, V.; DEITOS, N. J. (Org.). **Migrações e a construção do oeste do Paraná - século XXI em perspectiva**. 1 ed. Cascavel: Coluna do Saber, 2007, v. 1, p. 183-189.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. **Manual de drenagem de rodovias**. 2. ed. Rio de Janeiro. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Documento Preliminar. 2006. 304p.

\_\_\_\_\_. **Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários**. Rio de Janeiro. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2010. 135p.

\_\_\_\_\_. **Manual de inspeção de pontes rodoviárias**. Rio de Janeiro. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2004. 253p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos/ serviço de Produção e Informação, 1999. 412p.

\_\_\_\_\_. **Mapa de solos do estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2007. 75p.



ESTILIANO, E. O. A influência da geomorfologia fluvial na distribuição espacial de assembléias de peixes do rio Paraíba do Sul. **Dissertação de mestrado**, URFRJ, Seropédica (RJ), 47, 2006.

FREI, C. M. Design of fish passage at bridges and culverts. Thesis. Washington State University. **Master of science**. 2006. 208p.

IAPAR - Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**, Curitiba, 1994. 49p.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Impacto ambiental de Itaipu**. Curitiba, 1981. 3v.

JACKSON, S. D. Ecological considerations in the design of river and stream crossings. **International Conference on Ecology and Transportation**. North Carolina State University. 2003. 10p.

JOHNSON, P. A. **Assessing stream channel stability at bridges in physiographic regions**. McLean, VA. U.S. Department of Transportation. Turner-Fairbank Highway Research Center. 2006. 159p.

KELLERHALS, R.; CHURCH, M.; BRAY, D. I. Classification and analysis of river processes. **Journal of the Hydraulic Division**, 102: 813-829. 1976.

KONDOLF, G. M.; MONTGOMERY, D. R.; PIÉGAY, H.; SCHMITT, L. Geomorphic of rivers and streams. In: Kondolf, G.M. e Piégay, H. (Eds.). **Tools in Fluvial Geomorphology**. John Wiley & Sons, Inc., 171-204. 2003.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G. River channel patterns – braided, meandering and straight. **Professional Paper**, United States Geological Survey, 282B. 1957.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. Ed. Curitiba: Imprensa Oficial, UFPR. 2002, 350p.

MASON, M. C. Channel Cross-Section Analysis in Alhambra Creek. 2002. Disponível em: <[http://www.ccrd.org/Alhambra\\_other/mason\\_creek-study.pdf](http://www.ccrd.org/Alhambra_other/mason_creek-study.pdf)>. Acesso em 23/04/2009.

MARTIN, D. J. Geospatial analysis of gravel bar deposition and channel migration within the ozark national scenic riverways, Missouri (1955-2003). Thesis. Southwest Missouri State University. **Master of science**. 2005. 119p.

MERRIL, M. A. **The effects of culverts and bridges on stream geomorphology**. Thesis. North Carolina State University. Master of Science. Natural Resources. p. 164. 2005.

MIALL, A. D. **The geology of fluvial deposits – sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology**. Springer-Verlag, Berlin, 1996. 582p.

MILLER, J.; MILLER, S.; ZONGE, L. **Regional, long-term assessment of channel stability along the Truckee river, Nevada, from Verdi to pyramid lake: implications to the potential for catastrophic bridge failure.** Carson City. Nevada Department of transportation. 2001. 78p.

MINEROPAR - Minerais do Paraná. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná,** Curitiba, 2006. 63p.

MOLINOS, J. G.; LLANOS, A. Problemática y diseño de los pasos de carreteras sobre ríos y arroyos. Curso de Restauración de Ríos y Riberas. 2006. **Apresentação.** Disponível em: <[http://www.stream.fs.fed.us/fishxing/Presentacion\\_Molinos\\_Pasos\\_de\\_carreteras%20.pdf](http://www.stream.fs.fed.us/fishxing/Presentacion_Molinos_Pasos_de_carreteras%20.pdf)>. Acesso em 06/03/2011.

MONTGOMERY, D. R.; BUFFINGTON, J. M. **Channel-Reach Morphology in Mountain Drainage Basins.** *Geological Society of America Bulletin*, 109:596–611. 1997.

\_\_\_\_\_. Channel processes, classification, and response, in: NAIMAN, R.; BILBY, R. (Org.). **River Ecology and Management.** Springer-Verlag, New York, NY, 1998. p. 13-42.

NANSON, G. C.; CROKE, H. C. A genetic classification of floodplains. **Geomorphology**, 4, 459-486. 1992.

NAVARRO HEVIA, J. et alli. Efectos de las carreteras em los rios; estudio preliminar de producción y emisión de sedimentos en las obras de La A-63 em Asturias. 2006. Disponível em: <<http://www.unizar.es/fnca/duero/docu/c13.pdf>>. Acesso em 03/02/2011.

OLIVEIRA, V. R. M. G. de. O ambiente fluvial: perspectiva geomorfológica e sedimentológica, exemplos na bacia do rio Neiva. **Dissertação de mestrado.** Universidade do Minho. Escola de Ciências. p. 191. 2007.

PAMAF. Estudo Estratégico para a Gestão das pescas Continentais. 2006. Disponível em: <<http://www.afn.min-agricultura.pt/portal/pesca/gra/estudo-estrategico-para-a-gestao-das-pescas>>. Acesso em: 10/12/2010.

POPOV, I. V. Hydromorphological principles of the theory of channel processes and their use in hydrotechnical planning. **Soviet Hydrology**, 2: 188-195. 1964.

REOLON, C. A. Colonização e urbanização da mesorregião oeste do Paraná (1940-2000). Revista RA'EGA. (UFPR). nº 13. Curitiba. 2007. p. 49-57.

ROBERTS, J. T. **Field Assessment of Culvert Impacts on Stream Channel Morphology.** Thesis. North Carolina State University. Master of Science. Biological and Agricultural Engineering. p. 226. 2009.

ROSGEN, D. L. A classification of natural rivers. **Catena**, 22(3), p. 169-199. 1994.

\_\_\_\_\_. A stream channel stability assessment methodology. 2001. Disponível em: <[http://www.wildlandhydrology.com/assets/CHANNEL\\_STABILITY\\_.pdf](http://www.wildlandhydrology.com/assets/CHANNEL_STABILITY_.pdf)>. Acesso em: 07/05/2010.

RUEDIGER, B; RUEDIGER, B. The effects of highways on trout and salmon rivers and streams in the Western U.S. 1999. Disponível em: <[http://www.tpr.alberta.ca/parks/kananaskis/creilg/Trout\\_Streams.pdf](http://www.tpr.alberta.ca/parks/kananaskis/creilg/Trout_Streams.pdf)>. Acesso em: 03/09/2010.

RUST, B. R. A classification of alluvial channel systems. In: MIALL, A.D. (Ed.) **Fluvial Sedimentology**. Canadian Society of Petroleum Geologists, Calgary, Alberta, Canada, 187-198. 1978

SIMON, A. A model of channel response in disturbed alluvial channels. **Earth Surface Processes and Landforms**, 14: 11-26. 1989.

SCHUMM, S. A. A tentative classification of alluvial river channels. US Geological Survey Circular, 477. 1963.

SCHUMM, S. A. Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implications. **SEPM Special Publications**, 31: 19-29. 1981.

THORNE, C. R. **Stream reconnaissance handbook**: geomorphological investigation and analysis of river channels. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, England. 1998.

WHITING, P. J.; BRADLEY, J. B. A process-based classification system of headwater streams. **Earth Surface Processes and Landforms**, 18: 603-612. 1993.

USACE – U.S. Army Corps of Engineers. **Engineering and Design**: channel stability assessment for flood control projects. Engineer Manual No. 1110-2-1418, CECW-EH-D, Department of the Army. Washington, DC. 1994.

WOOLFE, K. J; BALZARY, J. R. Fields in the spectrum of channel style. **Sedimentology**, 43: 797-805. 1996.

# **ANEXOS**

**Anexo 1: Tabela de reconhecimento de canais baseado em Thorne (1998)**

**RECONHECIMENTO DO CANAL  
Corrigido para inspeções de pontes  
Baseado em THORNE (1998)**

**SEÇÃO 1 – DESCRIÇÃO DO LOCAL**

Nome da rodovia / Número:

Data:

Rio:

Tipo de estrutura:

Município:

Coordenadas geográficas:

Numeração de fotos:

**SEÇÃO 2 – DESCRIÇÃO DO VALE E BACIA HIDROGRÁFICA**

<b>PARTE 1 – BACIA HIDROGRÁFICA</b>		<b>PARTE 2 – CONDIÇÃO DO VALE</b>	
USO DO SOLO: [ ]Mata nativa [ ]Agrícola [ ]Urbana [ ]Periurbano [ ]Industrial [ ]Campestre [ ]Pastagem	VEGETAÇÃO [ ]Não existe [ ]Gramíneas [ ]Pastagem [ ]Cultivo [ ]Arbustos [ ]Floresta Estacional Decidual [ ]Floresta de Coníferas	DESMORONAMENTO DE ENCOSTAS [ ]Não existe [ ]Ocasional [ ]Frequente	DESMORONAMENTO LOCAL [ ]Não existe [ ]Distante do rio [ ]Ao longo do rio
<b>PARTE 3 – PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO</b>			
LARGURA [ ]Não existe [ ]< 1 rio de largura [ ]1-5 rios de largura [ ]5-10 rios de largura [ ]> 10 rios de largura	USO DO SOLO: [ ]Natural [ ]Agrícola [ ]Urbana [ ]Periurbano [ ]Industrial [ ]Campestre [ ]Mineração [ ]Pastagem	VEGETAÇÃO [ ]Não existe [ ]Gramíneas [ ]Pastagem [ ]Pomares [ ]Cultivo [ ]Arbustos [ ]Mata secundária [ ]Floresta Estacional Decidual [ ]Floresta de Coníferas	MATA CILIAR [ ]Não existe [ ]< 1 rio de largura [ ]1-5 rios de largura [ ]> 5 rios de largura
<b>PARTE 4 – CONFINAMENTO VERTICAL</b>			
TERRAÇOS [ ]Não existe [ ]Margem esquerda [ ]Margem direita	DIQUES [ ]Não existe [ ]Natural [ ]Construída	LOCALIZAÇÃO DOS DIQUES [ ]Ao longo das duas margens. [ ]Largura < 1 vez a largura do rio [ ]Largura > 1 vez a largura do rio	
<b>PARTE 5 – RELAÇÃO LATERAL DO CANAL COM O VALE</b>			
TIPO DO CANAL [ ]Retilíneo [ ]Meandrante [ ]Entrelaçado (sem vegetação) [ ]Anastomosado (com vegetação) [ ]Canalizado		CARACTERÍSTICAS DOS MEANDROS [ ]Curvas suaves [ ]Curvas moderadas [ ]Curvas fechadas	

## SEÇÃO 3 – DESCRIÇÃO DO CANAL

<b>PARTE 6 – DESCRIÇÃO DO CANAL (selecionar todos os que se aplicam)</b>			
ESTRUTURAS NO LEITO		ESTRUTURAS NAS MARGENS	
<b>FREQUÊNCIA</b> <input type="checkbox"/> Não existe <input type="checkbox"/> Ocasional <input type="checkbox"/> Frequente <input type="checkbox"/> Confinado	<b>TIPO</b> <input type="checkbox"/> Não existe <input type="checkbox"/> Rocha <input type="checkbox"/> Matacões <input type="checkbox"/> Encouraçamento do leito por seixos <input type="checkbox"/> Proteção da ponte <input type="checkbox"/> Degraus de controle <input type="checkbox"/> Detritos <input type="checkbox"/> Barragem (natural, artificial)	<b>FREQUÊNCIA</b> <input type="checkbox"/> Não existe <input type="checkbox"/> Ocasional <input type="checkbox"/> Frequente <input type="checkbox"/> Confinado	<b>TIPO</b> <input type="checkbox"/> Saída de galeria pluvial <input type="checkbox"/> Não existe <input type="checkbox"/> Rocha <input type="checkbox"/> Matacões <input type="checkbox"/> Encouraçamento do leito por seixos <input type="checkbox"/> Proteção da ponte <input type="checkbox"/> Pilares da ponte <input type="checkbox"/> Estabilizadores das margens <input type="checkbox"/> Detritos <input type="checkbox"/>
<b>OUTROS</b> <input type="checkbox"/> Detritos <input type="checkbox"/> Mineração <input type="checkbox"/> Reservatório <input type="checkbox"/> Cachoeira	<b>FLUXO</b> <input type="checkbox"/> Perene <input type="checkbox"/> Intermitente <input type="checkbox"/> Efêmero	<b>CLASSIFICAÇÃO DE MONTGOMERY &amp; BUFFINGTON</b> <input type="checkbox"/> Cascata ou escada/depressão <input type="checkbox"/> Leito Plano, Soleiras e depressões ou Dunas e ondulações <input type="checkbox"/> Entrelaçado	<b>CLASSIFICAÇÃO DO CORPO</b> <input type="checkbox"/> Modificado (Canalizado) <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Temporário
LARGURA DO CANAL :			
<b>PARTE 7 – DESCRIÇÃO DOS SEDIMENTOS DO LEITO</b>			
<b>MATERIAL DO LEITO</b> <input type="checkbox"/> Argila <input type="checkbox"/> Silte <input type="checkbox"/> Areia <input type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Blocos <input type="checkbox"/> Matacões <input type="checkbox"/> Leito rochoso	<b>TIPOS DE BARRAS</b> <input type="checkbox"/> Não existe <input type="checkbox"/> Alternadas <input type="checkbox"/> Barras em pontal <input type="checkbox"/> Barra central <input type="checkbox"/> Barra diagonal <input type="checkbox"/> Irregular <input type="checkbox"/> Entrelaçado	<b>MATERIAL DAS BARRAS</b> <input type="checkbox"/> Silte <input type="checkbox"/> Areia <input type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Blocos	<b>VEGETAÇÃO NAS BARRAS</b> <input type="checkbox"/> Não existe <input type="checkbox"/> Gramíneas <input type="checkbox"/> Arbustos <input type="checkbox"/> Árvores
<b>LARGURA DAS BARRAS</b> <input type="checkbox"/> Não existe <input type="checkbox"/> Estreito <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Largo	<b>PORCENTAGEM DE AREIA NO LEITO:</b> <input type="checkbox"/> até 20% <input type="checkbox"/> entre 20% e 50% <input type="checkbox"/> entre 50% e 70% <input type="checkbox"/> maior que 70%		

## SEÇÃO 4 – INSPEÇÃO DAS MARGENS

CARACTERÍSTICA	MARGEM ESQUERDA	MARGEM DIREITA
MATERIAL DAS MARGENS	<input type="checkbox"/> Argila <input type="checkbox"/> Silte <input type="checkbox"/> Areia <input type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Blocos <input type="checkbox"/> Matacões <input type="checkbox"/> Rocha	<input type="checkbox"/> Argila <input type="checkbox"/> Silte <input type="checkbox"/> Areia <input type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Blocos <input type="checkbox"/> Matacões <input type="checkbox"/> Rocha
MATERIAL DAS CAMADAS	<input type="checkbox"/> Sem Camadas <input type="checkbox"/> Argiloso <input type="checkbox"/> Areia <input type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Blocos <input type="checkbox"/> Matacões	<input type="checkbox"/> Sem Camadas <input type="checkbox"/> Argiloso <input type="checkbox"/> Areia <input type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Blocos <input type="checkbox"/> Matacões
ALTURA		
DECLIVE	<input type="checkbox"/> Íngreme <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Raso	<input type="checkbox"/> Íngreme <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Raso
VEGETAÇÃO	<input type="checkbox"/> Não existe <input type="checkbox"/> Gramíneas/vegetação temporária <input type="checkbox"/> Gramíneas aquáticas / arbustos <input type="checkbox"/> Árvores Queda de árvores <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não Mata densa <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não Saúde das árvores <input type="checkbox"/> boa <input type="checkbox"/> pobre Idade das árvores <input type="checkbox"/> jovem <input type="checkbox"/> madura <input type="checkbox"/> velha Diversidade de árvores? <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não	<input type="checkbox"/> Não existe <input type="checkbox"/> Gramíneas/vegetação temporária <input type="checkbox"/> Gramíneas aquáticas / arbustos <input type="checkbox"/> Árvores Queda de árvores <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não Mata densa <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não Saúde das árvores <input type="checkbox"/> boa <input type="checkbox"/> pobre Idade das árvores <input type="checkbox"/> jovem <input type="checkbox"/> madura <input type="checkbox"/> velha Diversidade de árvores? <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
EROSÃO E DESMORONAMENTO LOCAL	Localização da erosão: <input type="checkbox"/> Fora da curva do meandro <input type="checkbox"/> Dentro da curva do meandro <input type="checkbox"/> Barra longitudinal/obstruções <input type="checkbox"/> Geral <input type="checkbox"/> _____ Tipo de erosão: <input type="checkbox"/> Fluvial <input type="checkbox"/> Geotécnico	Localização da erosão: <input type="checkbox"/> Fora da curva do meandro <input type="checkbox"/> Dentro da curva do meandro <input type="checkbox"/> Barra longitudinal/obstruções <input type="checkbox"/> Geral <input type="checkbox"/> _____ Tipo de erosão: <input type="checkbox"/> Fluvial <input type="checkbox"/> Geotécnico

**Anexo 2 - Tipos de estruturas e materiais dos leitos e margens**

<b>Ponto</b>	<b>Condições do leito abaixo da estrutura</b>	<b>Estruturas nas margens</b>	<b>Porcentagem de Areia no leito</b>	<b>Material predominante do leito e margens</b>
1	Nenhuma	Muro estabilizador	Entre 50% e 70%	Argila, Silte e Areia
2	Pilares da ponte	Pilares da Ponte	Entre 20% e 50%	Argila, Silte e Areia
3	Nenhuma	Pilares da Ponte	Menor que 20%	Argila e Silte
4	Nenhuma	Muro estabilizador	Menor que 20%	Argila e Silte
5	Bueiros tubulares de concreto	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
6	Nenhuma	Muro estabilizador	Menor que 20%	Argila e Silte
7	Nenhuma	Muro estabilizador	Menor que 20%	Argila e Silte
8	Pilares da ponte	Pilares da Ponte	Entre 20% e 50%	Argila, Silte e Areia
9	Nenhuma	Muro estabilizador	Menor que 20%	Argila e Silte
10	Leito concretado	Proteção do Bueiro	Entre 50% e 70%	Argila, Silte e Areia
11	Bueiros tubulares de concreto	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
12	Leito concretado	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
13	Bueiro tubular de concreto	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
14	Bueiros tubulares de concreto	Proteção do Bueiro	Entre 20% e 50%	Argila, Silte e Areia
15	Pilares da ponte	Pilares da Ponte	Entre 20% e 50%	Argila, Silte e Areia
16	Leito concretado	Proteção do Bueiro	Entre 20% e 50%	Argila, Silte e Areia
17	Leito concretado	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
18	Leito concretado	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
19	Nenhuma	Muro estabilizador	Menor que 20%	Argila e Silte
20	Leito concretado	Muro estabilizador	Menor que 20%	Argila e Silte
21	Leito concretado	Muro estabilizador	Menor que 20%	Argila e Silte
22	Nenhuma	Pilares da Ponte	Menor que 20%	Argila e Silte
23	Nenhuma	Pilares da Ponte	Menor que 20%	Argila e Silte
24	Leito concretado	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
25	Pilares da ponte	Pilares da Ponte	Entre 20% e 50%	Argila, Silte e Areia
26	Nenhuma	Pilares da Ponte	Menor que 20%	Argila e Silte
27	Pilares da ponte	Pilares da Ponte	Entre 20% e 50%	Argila, Silte e Areia
28	Nenhuma	Pilares da Ponte	Entre 20% e 50%	Argila, Silte e Areia
29	Pilares da ponte	Pilares da Ponte	Entre 20% e 50%	Argila, Silte e Areia



30	Leito concretado	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
31	Pilares da ponte	Pilares da Ponte	Entre 20% e 50%	Argila, Silte e Areia
32	Leito concretado	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
33	Pilares da ponte	Pilares da Ponte	Entre 20% e 50%	Argila, Silte e Areia
34	Pilares da ponte	Pilares da Ponte	Entre 20% e 50%	Argila, Silte e Areia
35	Leito concretado	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
36	Leito concretado	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
37	Bueiros tubulares de concreto	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
38	Leito concretado	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
39	Pilares da ponte	Pilares da Ponte	Menor que 20%	Argila e Silte
40	Leito concretado	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
41	Bueiros tubulares de concreto	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
42	Leito concretado	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
43	Pilares da ponte	Pilares da Ponte	Entre 20% e 50%	Argila, Silte e Areia
44	Nenhuma	Muro estabilizador	Menor que 20%	Argila e Silte
45	Leito concretado e barragem a montante	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte
46	Leito concretado	Proteção do Bueiro	Menor que 20%	Argila e Silte

**Anexo 3 - Dados das margens e tipos de processos erosivos/deposicionais existentes.**

<b>Ponto</b>	<b>Ângulo de inclinação</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Vegetação</b>	<b>Processos erosivos ou deposicionais</b>	<b>Desmoronamento local</b>
1	45°	1	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
2	90°	1	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
3	90°	1	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
4	90°	1	Mata Secundária	Erosão fluvial margens a montante	Não
5	90°	2,5	Mata Secundária	Erosão fluvial margens a jusante	Não
6	90°	1	Mata Secundária	Assoreamento a montante na margem direita	Sim
7	90°	0,5	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
8	90°	0,5	Mata Secundária	Erosão fluvial em ambas as margens abaixo da obra	Não
9	90°	1	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
10	90°	1	Mata Secundária	Erosão fluvial no leito e margens a jusante	Não
11	90°	0,5	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
12	90°	1	Mata Secundária	Erosão fluvial no leito e margens a jusante	Não
13	90°	0,5	Mata Secundária	Erosão fluvial no leito e margens a jusante	Não
14	90°	0,5	Mata Secundária	Erosão fluvial no leito a jusante	Não
15	90°	1	Mata Secundária e cultivo	Sem processo erosivo	Não
16	90°	1	Mata Secundária	Erosão fluvial na margem direita a montante e assoreamento a jusante na margem direita	Não
17	90°	1	Mata Secundária	Assoreamento na margem esquerda a montante e erosão fluvial em ambas as margens e no leito a jusante	Não
18	90°	2	Mata Secundária	Assoreamento no leito a montante e erosão fluvial no leito e margens a jusante	Sim
19	90°	0,5	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
20	90°	1,5	Mata Secundária	Erosão fluvial nas margens e leito a jusante	Não
21	90°	0,5	Mata Secundária	Erosão fluvial nas margens e leito a jusante	Não
22	90°	1,5	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
23	45°	0,5	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
24	90°	0,5	Mata Secundária	Erosão fluvial em ambas as margens e no leito a jusante	Não
25	90°	1	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
26	90°	1,5	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não

27	90°	1	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
28	90°	1	Mata Secundária	Migração lateral do canal na margem esquerda	Não
29	90°	1	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
30	90°	1,5	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
31	90°	1	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
32	90°	0,5	Mata Secundária	Assoreamento no leito a montante e erosão fluvial no leito e ambas as margens a jusante	Não
33	90°	0,5	Mata Secundária e Gramíneas	Sem processo erosivo	Não
34	90°	1	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
35	90°	1	Mata Secundária e Gramíneas	Erosão a montante devido pisoteamento do gado e erosão fluvial a jusante nas margens e leito	Não
36	90°	0,5	Mata Secundária	Erosão fluvial em ambas as margens e no leito a jusante	Não
37	90°	0,5	Mata Secundária	Assoreamento ambas as margens a montante e erosão fluvial no leito a jusante	Não
38	90°	1	Mata Secundária	Erosão fluvial em ambas as margens e no leito a jusante	Não
39	90°	0,5	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
40	90°	0,5	Mata Secundária e Gramíneas	Erosão a montante devido pisoteamento do gado e erosão fluvial a jusante nas margens e leito	Não
41	90°	0,5	Mata Secundária	Erosão fluvial em ambas as margens e no leito a jusante	Não
42	90°	0,5	Mata Secundária	Erosão fluvial em ambas as margens e no leito a jusante	Não
43	90°	2	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
44	90°	0,5	Mata Secundária	Sem processo erosivo	Não
45	90°	1	Mata Secundária e Gramíneas	Erosão fluvial em ambas as margens e no leito a jusante	Não
46	90°	1	Mata Secundária	Erosão fluvial em ambas as margens e no leito a jusante	Não