

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Cristian Valenti Schenk

Migração de meandros fluviais: estudo dos mecanismos de
erosão e deposição numa seção tipo no rio Ibicuí/RS

Porto Alegre
2014

Cristian Valenti Schenk

Migração de meandros fluviais: estudo dos mecanismos de erosão e deposição numa seção tipo no rio Ibicuí/RS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia na Comissão de Graduação em Geografia da Universidade Federal do RS.

Orientador:

Prof. Dr. Roberto Verdum

Coorientadora:

Profa. Mr. Carolina Holz Boffo

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Laurindo Antonio Guasselli

Prof. Dr. Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Porto Alegre

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Carlos Alexandre Netto
Vice-Reitor: Rui Vicente Oppermann

INSTITUTO DE GEOCÊNCIAS

Diretor: André Sampaio Mexias
Vice-Diretor: Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Valenti Schenk, Cristian

Migração de meandros fluviais: estudo dos mecanismos de erosão e deposição numa seção tipo no rio Ibicuí/RS/

Cristian Valenti Schenk. -- 2014.

44 f.

Orientador: Roberto Verdum.

Coorientadora: Carolina Holz Boffo.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Bacharelado em Geografia, Porto
Alegre, BR-RS, 2014.

1. Meandro. 2. Erosão. 3. Deposição. 4.
Geomorfologia fluvial . 5. Rio Ibicuí. I. Verdum,
Roberto, orient. II. Holz Boffo, Carolina, coorient.
III. Título.

Catálogo na Publicação

Biblioteca Geociências - UFRGS

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Campus do Vale Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS - Brasil CEP:
91501-970 / Caixa Postal: 15001

Fone: +55 51 3308-6329

Fax: +55 51 3308-6337

E-mail: bibgeo@ufrgs.br

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a todo o corpo docente do IGEO, que possibilitaram a conclusão desta etapa;

Por ser graduando em uma universidade pública, não poderia deixar de agradecer àqueles que financiaram esta formação: a sociedade brasileira. Todos os dias, vemos notícias estarrecedoras do desvio e do mau emprego do dinheiro arrecadado dos altos impostos que pagamos. Felizmente, uma parte do valor, ainda que insuficiente, é aplicada em educação e manutenção das instituições públicas de ensino. Minha graduação decorre dessa parte do Brasil que funciona. Formado, espero poder retribuir, ajudando a fazer a outra parte do Brasil funcionar, também;

Gostaria de agradecer à minha esposa, Edinise, que está grávida do meu filho Leonardo, pela paciência em suportar as noites de ausência, enquanto eu assistia às aulas. Mas, principalmente, pelo amor, carinho, incentivo e apoio incondicional que tive dela, a todo instante, e que terei, certamente, por toda a vida;

Aos meus pais, João e Maria, e meu irmão, Kleber, por nunca terem desistido de mim, sendo minhas âncoras mesmo nos momentos difíceis; pela sabedoria acumulada e repassada; por serem a bússola que sempre vai orientar meus passos; e por serem os transmissores dos mais nobres e retos valores que uma pessoa pode absorver;

Aos meus primos Fabinha, Pado e Beto, pela convivência de uma vida; pelas brincadeiras; pelas conversas; pelo amor, carinho, respeito, fraternidade e cumplicidade;

A todos os colegas e amigos do NECOD, pelo convívio, experiência e conhecimento que trocamos, diariamente;

Ao Professor Rogério Dornelles Maestri e a Professora Ana Luiza de Oliveira Borges, por oportunizarem e orientarem o estágio obrigatório da disciplina de Estágio Profissional em Geografia, que propiciou parte dos estudos realizados neste trabalho;

Aos grandes amigos e colegas Vicente e Almiro, pela parceria em, praticamente, todos os trabalhos em grupo que tivemos ao longo do curso, ajudando-nos, uns aos outros, em busca deste objetivo que ora se concretiza;

Aos demais colegas e amigos de faculdade: Nilmar, Caetano, César, Melina, Rosa, Mônica, Luciano, Felipe Schwarz, Felipe Viana, Jurley, Fernanda, Cléo e tantos outros que participaram, ativamente, desta formação;

Ao Engenheiro Agrônomo Ivo Melo, presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Ibicuí, por sua colaboração na realização deste trabalho;

A professora Carolina Holz Boffo, pelo auxílio, parceria e apoio recebidos desde o início deste trabalho;

Gostaria de fazer um agradecimento especial ao professor Roberto Verdum, que orientou, magistralmente, esta pesquisa, lançando luzes onde havia escuridão, e conforto e incentivo onde havia dúvidas e angústias. Obrigado pelo aceite da orientação deste trabalho e, mais do que isso, pela confiança e solicitude demonstrada desde o princípio deste desafio.

RESUMO

A Geomorfologia fluvial representa um setor de destaque na ciência geomorfológica, pelo seu caráter condicionante da própria vida humana. Por exemplo, diversas civilizações no passado e no presente cresceram e se desenvolveram as margens de grandes cursos d'água. Visando os problemas de intervenção social que estão ocorrendo nos sistemas fluviais, são de fundamental importância os estudos na área da geomorfologia fluvial, para a compreensão dos elementos causadores desses problemas, as alterações processuais e morfológicas. Ao observar esta importância, entende-se que trabalhos como esse poderão se tornar uma ferramenta de apoio à gestão de recursos hídricos. O objetivo desse trabalho é compreender a dinâmica de migração de meandros fluviais, através do estudo dos mecanismos de erosão e deposição. Para isso, foram realizados ensaios em um modelo fluvial experimental em forma de meandro, com dimensões de 11 m de comprimento 30 cm de largura e 25 cm de altura, medindo suas velocidades secundárias de fluxo, utilizando um Perfilador Ultrassônico de Velocidades por efeito Doppler (UVP). Posteriormente foram gerados mapas de velocidades, para relacionar os perfis de velocidades secundárias com as zonas de erosão e deposição. Para comparar os dados experimentais com a realidade, foi realizada uma saída de campo, para analisar e fazer registros fotográficos em um meandro localizado no rio Ibicuí, a jusante da cidade de Manuel Viana/RS e, também, foi criado um mapa de acompanhamento temporal, no período de 26 anos, utilizando imagens Landsat TM 5 e o software ArcGis. Ao comparar os processos erosivos e deposicionais que ocorrem na seção tipo com as velocidades secundárias identificadas e analisadas nas seções do modelo experimental, se pode observar similaridades entre os dois casos, isto é, modelo e realidade. As informações geradas no modelo experimental ajudam a compreender as zonas de erosão e deposição da seção tipo real. Estas informações são relevantes para determinar as zonas de riscos de erosão e assoreamento que, dependendo da situação, podem trazer prejuízos ou benefícios ambientais e socioeconômicos aos ribeirinhos.

Palavras-chave: Meandro - Erosão - Deposição - Geomorfologia Fluvial – Rio Ibicuí

ABSTRACT

Fluvial Geomorphology is a prominent field of Geomorphological Science, for, in many respects, it conditions human life itself. For example, many civilizations, past and present, emerged and grew near the banks of major waterways. Studies in Fluvial Geomorphology are key to uncover the causes of problems arising from social intervention on fluvial systems and to explain processual and morphological changes resulting from it. Consequently, it is believed that studies such as this – which aims to investigate the dynamics of river meanders migration, through the study of the mechanisms of erosion and deposition – may serve as tool to support the management of water resources. Thus, studies were conducted on an experimental meander-shaped fluvial model 11 m long, 30 cm wide and 25 cm high, in which measurements of secondary flow velocities were made using a profiler with Ultrasound Velocity Profile (UVP) probes. Subsequently, the measured data were used to generate velocity maps, aiming to try to establish a relation between the secondary velocities profiles and the areas of erosion and deposition. Aiming to enable a comparison between experimental data and real data, a field trip was conducted to analyze and make photographic records of a meander located in Ibicuí river, downstream from the town of Manuel Viana/RS. A time monitoring map was also created, comprising the period of 26 years, using Landsat TM 5 images and ArcGIS software to process them. Comparing the erosive and depositional processes that occur in the natural section studied with the secondary velocities identified and analyzed in the sections of the experimental model, quite a few similarities can be seen between the two cases, i.e., model and reality. The information generated in the experimental model helps to understand the areas of erosion and deposition of the real, natural section. This information is relevant for determining the areas with risk of erosion and sedimentation that, depending on the situation, may bring harm or environmental and socioeconomic benefits to riverine.

Keywords: Meander - Erosion - Deposition - Fluvial Geomorphology - Rio Ibicuí

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Bacia hidrográfica do rio Ibicuí.....	17
Figura 02: A curva do meandro e os parâmetros utilizados para delineamento.....	21
Figura 03: Modelo esquemático do canal unidirecional utilizado nos experimentos. Sua escala está distorcida.....	21
Figura 04: Fotografia retirada no início da construção do canal meândrico, posicionado dentro do tamque.....	22
Figura 05: Fotografias retiradas da tubulação que abastece o canal.....	23
Figura 06: Fotografias retiradas da flange e medidor de vazão.....	23
Figura 07: Perfilador Ultrassônico de Velocidades por Efeito Doppler (UVP).....	24
Figura 08: Modelo que mostra o funcionamento e a forma de aquisição das velocidades do UVP.....	25
Figura 09: Máquina fotográfica (NIKON) e notebook (ACER).....	25
Figura 10: GPS (Garmin Map) e câmera fotográfica (Panasonic).....	27
Figura 11: Mapas de velocidades secundárias para cada seção com setas mostrando o sentido de fluxo.....	29
Figura 12: Modelo esquemático do canal unidirecional mostrando as seções de observação, as diferentes alturas de medição e o mapa de interpolação das velocidades secundárias na profundidade de 21 mm.....	30
Figura 13: Mapas de velocidades secundárias para cada profundidade de medição com indicações de setas mostrando o sentido das linhas de fluxo.....	31
Figura 14: Imagem de satélite da área de estudo.....	33
Figura 15: Mapa do acompanhamento temporal do meandro.....	35
Figura 16: Mapa das margens deposicionais e erosivas.....	37

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	09
1.1.	TEMÁTICA	09
1.2	PROBLEMATIZAÇÃO	11
1.3.	JUSTIFICATIVA	11
2.	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	PROCESSOS EROSIVOS E DEPOSICIONAIS EM SISTEMAS FLUVIAIS	14
3.2	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E HIDROLÓGICAS DO RIO IBICUÍ	16
4.	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	19
4.1	ELABORAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DO MODELO EXPERIMENTAL	19
4.1.1	Canal utilizado	19
4.1.2	Alimentação do ensaio	22
4.1.3	Medidas de velocidade	23
4.1.4	Aquisição de dados e imagens	25
4.1.5	Ensaio realizado	25
4.2	ESCOLHA DA SEÇÃO TIPO	26
4.2.1	Mapa de acompanhamento temporal do meandro	26
4.2.2	Registros em campo da seção tipo no rio Ibicuí	27
5.	RESULTADOS	28
5.1	INTERPRETAÇÕES DAS DINÂMICAS EROSIVAS E DEPOSICIONAIS EXPERIMENTAIS E AO LONGO DO PERFIL TIPO	28
5.1.1	Análise do experimento em laboratório	28
5.1.2	Análise dos produtos das imagens de satélite	32
5.2	REGISTROS DE CAMPO DAS MARGENS EROSIVAS E DEPOSICIONAIS, AO LONGO DO MEANDRO TIPO NO RIO IBICUÍ	36
5.3	COMPARAÇÕES DO MODELO EXPERIMENTAL COM A DINÂMICA FLUVIAL NA SEÇÃO TIPO, NO RIO IBICUÍ	38
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
7.	REFERÊNCIAS	41
ANEXO:	Tabela 01 – Coordenadas UTM de localização dos pontos de referência dos mapas 15 e 16	43

1. INTRODUÇÃO

1.1 TEMÁTICA

A Geomorfologia fluvial é o campo da Geomorfologia que se dedica a estabelecer relações entre os processos de erosão e deposição, resultantes do escoamento da água em canais fluviais e as formas de relevo dele derivados (NOVO, 2008). Neste sentido, a Geomorfologia fluvial representa um setor de destaque na ciência geomorfológica, pelo seu caráter condicionante da própria vida humana. Por exemplo, diversas civilizações no passado e no presente cresceram e se desenvolveram às margens de grandes cursos d'água.

Por esta razão, a ação fluvial, irrigando grandes planícies aluviais, alterando a dinâmica dos cursos d'água e suas formas topográficas, serviu de temática preferida dos pesquisadores, a ponto de, ao longo da história da ciência geomorfológica, deter a maior produção científica dessa área do conhecimento (CUNHA, 2012).

A fisionomia que um curso d'água exhibe, ao longo do seu perfil longitudinal, é descrita como retilínea, anastomosada e meândrica, constituindo o chamado padrão dos canais. Essa geometria do sistema fluvial resulta do ajuste do canal à sua seção transversal e reflete o inter-relacionamento entre as seguintes variáveis: descarga líquida, carga sedimentar, declive, largura, e profundidade do canal, velocidade do fluxo e rugosidade do leito (BLOOM, 1996).

Os canais meândricos são encontrados, com frequência, nas áreas úmidas cobertas por vegetação ciliar, descrevem curvas sinuosas harmônicas e semelhantes entre si, possuem um único canal que transborda suas águas na época das cheias e são distintos dos outros padrões pelo valor do índice de sinuosidade igual ou inferior a 1,5 (BLOOM, 1996).

Os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos no leito fluvial alternam-se no decorrer do tempo e, especialmente, são definidos pela distribuição da velocidade e da turbulência do fluxo dentro do canal. São processos dependentes entre si e resultam não apenas das mudanças no fluxo, como, também, da carga existente (CUNHA, 2012).

As alterações nos canais fluviais dificilmente produzem respostas imediatas. As modificações são percebidas ao longo do tempo (Brookes, 1996). Contudo, a ação antrópica pode acelerar a mudança na morfologia do canal, ocasionando danos ao meio, por causa do repentino desequilíbrio entre a saída e entrada de sedimentos, que pode estar associada ou não à alteração das vazões nos cursos d'água.

Para Riccomini et al. (2000), a morfologia dos canais fluviais é controlada por uma série de fatores autocíclicos (próprios da rede de drenagem) e alocíclicos que afetam não apenas a rede de drenagem, mas toda a região onde ela está inserida e apresenta relações bastante complexas. Como fatores autocíclicos são considerados as descargas (tipo e quantidade), a carga de sedimentos transportada, a largura e a profundidade do canal, a velocidade de fluxo, a declividade, a rugosidade do leito e a cobertura vegetal nas margens e ilhas. Estes, por sua vez, são condicionados pelos fatores alocíclicos, tais como as variáveis climáticas (pluviosidade, temperatura) e geológicas (litologia, falhamentos).

Os sedimentos são temporariamente estocados na planície durante a rota do fluxo do rio, sob a condição de equilíbrio em que a taxa de entrada de sedimento é igual à saída. Assim, qualquer alteração nesse equilíbrio pode resultar na alteração da planície de inundação (Leopold et al., 1964).

À medida que a velocidade do fluxo da água diminui, os sedimentos vão sendo depositados e ocorre o processo de sedimentação. Estes podem ser de acreção lateral ou vertical, resultando, entre outras feições, na formação da planície de inundação (Allen, 1970).

A sedimentação de acreção lateral consiste na sucessiva acumulação lateral de sedimentos, principalmente no lado interno da curva do canal meandrante. Em virtude da contínua erosão da margem côncava e sedimentação na margem convexa, o canal mantém-se em constante migração lateral, estabelecendo aspecto bastante dinâmico ao ambiente fluvial (Christofolletti, 1981; Bigarella, 2003).

O trecho em estudo, localizado em um meandro do rio Ibicuí a jusante de Manuel Viana/RS, corresponde ao padrão de canal meandrante. Os canais meandrantés são encontrados nos rios que percorrem regiões quentes e úmidas em terrenos planos e possuem curvas sinuosas. O processo de meandramento pode apresentar ajuste entre as variáveis hidrológicas, inclusive a carga detrítica e

a litologia, em que se instala o curso d'água (Christofolletti, 1980). Neste sentido, são exatamente estas relações que se quer estudar, a partir da análise de um meandro modelo em comparação com observações realizadas numa seção tipo, meandro do rio Ibicuí, em situação real.

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO

É de longa data que a ocupação urbana e rural minimiza a importância da dinâmica dos sistemas fluviais. Na área urbana é comum moradias e vias de deslocamento próximo dos cursos d'água ou em suas planícies de inundação. Normalmente para realizar essas obras civis são projetadas e construídas retificações, tamponamentos e modificações no leito natural dos cursos d'água. Na zona rural, normalmente, não é respeitado a largura de preservação de mata ciliar, levando suas lavouras cada vez mais próximas das margens dos cursos d'água, causando com isso o aumento do aporte sedimentar. Neste sentido, se pode afirmar que essas intervenções interferem na forma, na funcionalidade e na dinâmica dos sistemas fluviais. Mesmo ocorrendo essa série de modificações nos cursos d'água, é visível a carência de dados que registrem a espacialidade e a temporalidade de mudanças na dinâmica dos sistemas fluviais. Da mesma forma, há falta de estudos que tratam da geração de modelos no âmbito da diversidade de sistemas fluviais que ajudem a entender os processos e morfologias associadas, assim como essas intervenções.

1.3 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista os problemas relacionados à intervenção social que ocorrem nos sistemas fluviais, são de fundamental importância os estudos na área da geomorfologia fluvial, para a compreensão dos elementos causadores desses problemas, e das alterações processuais e morfológicas. Devido à forma desordenada que vem ocorrendo o crescimento urbano e rural no Brasil, sem serem avaliadas as características e as dinâmicas do meio, muitas vezes aliado à falta de infraestrutura, vêm ocorrendo importantes transformações nos cursos fluviais. Ao observar estes problemas, entende-se que trabalhos como esse poderão tornar-se uma ferramenta de apoio à gestão de recursos hídricos,

principalmente, visando trazer benefícios quanto ao ideal do posicionamento de obras de navegação, abastecimento, geração de energia, controle de erosão, produção agrícola, entre outras; o que deve beneficiar a sociedade e o conjunto de elementos e dinâmicas do meio.

A realização desses estudos para a prática do trabalho de conclusão de curso é de fundamental importância para a formação acadêmica do profissional geógrafo, tendo em vista que se pode colocar em prática os ensinamentos adquiridos ao longo do curso. O motivo inicial para o interesse sobre esse tema está associado a trajetória profissional que se iniciou como técnico em hidrologia e por trabalhar, atualmente, no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, onde tive a oportunidade de realizar estudos dos sistemas fluviais. Este, por si só, já é um assunto que me cativa há muito tempo, provavelmente, por ter nascido e sido criado, próximo de um curso de água de grande relevância socioeconômica no estado do Rio Grande do Sul, o rio Taquari.

Como a intenção desse trabalho é compreender a dinâmica de migração de meandros fluviais, através do estudo dos mecanismos de erosão e deposição, foram realizados ensaios em um modelo fluvial experimental em forma de meandro, medindo suas velocidades secundárias de fluxo. Em seguida foram gerados mapas de velocidades, para relacionar os perfis de velocidades secundárias com as zonas de erosão e deposição. Para comparar os dados experimentais com a realidade, foi criado um mapa de acompanhamento temporal em uma seção tipo. Ao comparar os processos erosivos e deposicionais que ocorrem na seção tipo, com as velocidades secundárias identificadas e analisadas nas seções do modelo experimental, pode-se observar similaridades entre as duas situações. As informações geradas no modelo experimental ajudam a compreender as zonas de erosão e deposição da seção tipo no rio Ibicuí.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Compreender a dinâmica de migração de meandros fluviais, através do estudo dos mecanismos de erosão e deposição, para determinar as zonas de erosão e assoreamento numa seção tipo no rio Ibicuí em Manuel Viana/RS.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Realizar ensaios em um modelo fluvial experimental, a partir da realidade empírica, medindo suas velocidades secundárias na região do meandro;
- b) Gerar mapas de velocidade, usados para relacionar os perfis de velocidade secundária com as zonas de erosão e deposição do canal;
- c) Escolher uma seção tipo de um curso de água, em que esteja ocorrendo processos erosivos e deposicionais;
- d) Identificar os processos erosivos e deposicionais que estão ocorrendo nesta seção tipo que revelam as dinâmicas fluviais;
- e) Comparar os processos erosivos e deposicionais na seção tipo de um trecho do rio Ibicuí, localizado a jusante da área urbana de Manuel Viana/RS e àqueles identificados e analisados na seção do modelo fluvial.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PROCESSOS EROSIVOS E DEPOSICIONAIS EM SISTEMAS FLUVIAIS

Os processos erosivos e deposicionais nos sistemas fluviais, a partir de suas dinâmicas, são os enfoques gerais dessa pesquisa. Os cursos d'água podem depositar sua carga em qualquer ponto ao longo de seu curso, mas a maior parte do material é depositada nas seções onde o gradiente do canal é pequeno ou onde há mudanças bruscas no gradiente e na profundidade do canal, bem como na velocidade do escoamento (NOVO, 2008). Um rio com uma planície de inundação bem desenvolvida corre segundo curvas largas e regulares chamadas meandros. A propriedade da água em fluir em arcos curvos é uma das propriedades básicas da água pouco compreendidas (BLOOM, 1996).

Os prejuízos ambientais, entendendo-se aqui os prejuízos gerados pela relação da dinâmica fluvial e a ocupação de terras nas margens dos cursos d'água, envolvem mecanismos de remoção de materiais, alterando suas margens, devido, principalmente, aos processos erosivos. O fenômeno de alargamento dos canais fluviais é provocado pelos processos de erosão das margens que estão entre os elementos mais dinâmicos dos canais fluviais. O entendimento sobre seu mecanismo de atuação e a quantificação da sua magnitude é importante para compreender a evolução dos diversos elementos da dinâmica fluvial. O monitoramento da erosão das margens tem sua importância social como prevenção de desmoronamentos de edificações em áreas urbanizadas, bem como a importância econômica, evitando a perda de terrenos em áreas rurais e urbanas, além de mostrar a dinâmica do canal em termos de erosão. (CUNHA & SOUZA, 2012).

Em relação aos ensaios de modelos fluviais experimentais, afirma-se que o entendimento geomorfológico cresce na medida em que os estudos são feitos sobre os regimes de sedimento que influenciam na morfologia fluvial, fato este que é um componente essencial da gestão dos cursos d'água (DOLLAR, 2000 & NEWSON, 2002).

Os estudos relacionados à dinâmica fluvial nas últimas décadas ganharam importância, devido aos efeitos negativos representados pela perda de terrenos cultiváveis, pelo comprometimento ou destruição de estruturas de engenharia

próximas ao leito dos cursos d'água, pelo aumento de custo de projetos de irrigação que contribuem para o assoreamento do canal etc. E, principalmente, pelo comprometimento dos recursos hídricos (WALKER, 1999).

Quanto à identificação dos processos erosivos e deposicionais com o uso de modelos experimentais, destaca-se que apenas mais recentemente este enfoque mudou para o estudo do canal experimental. Há o reconhecimento de que dentro de canal a morfologia e os processos são importantes no habitat aquático e, por implicação, a saúde do curso d'água. Além disso, a capacidade para interpretar a morfologia do canal, fornece evidências históricas inestimáveis para a evolução da paisagem e as mudanças ambientais (GREGORY et al, 2007).

Os autores SONG, SEO & KIM (2012) realizaram um trabalho intitulado “Análise do efeito de corrente secundária na modelagem de fluxo superficial em canais abertos” deste artigo podemos destacar o seguinte:

- No modelo proposto, para quantificar a força do escoamento secundário, os fatores globais, como a deformação do perfil vertical da velocidade *streamwise*, o coeficiente de rugosidade, e a relação de curvatura foram incorporados na dispersão dos termos de estresse;

- Foi realizado dois conjuntos de dados experimentais, um com um canal acentuadamente curvo por Rozovskii (1961), e o outro com um canal confluyente por Shumate (1998) que foram utilizados para validar o proposto modelo. Os valores calculados do perfil da superfície da água e da velocidade média de profundidade em todo o canal mostrou boa concordância com os dados experimentais, o que indica que os perfis de velocidades secundárias foram preservados corretamente;

- O modelo foi aplicado a um fluxo natural com curvatura moderada para testar a aplicabilidade em campo. Os resultados da simulação obtidos utilizando o modelo com termos de dispersão foi combinado com os dados do *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP), enquanto que o modelo sem termos de dispersão de velocidades excessivas produzidas, em ambas as margens, rendeu vorticidade uniforme e distribuições de velocidade em todas as seções;

- A análise do balanço de força e dominância relativa da corrente secundária demonstrou que a convecção e pressão tenham desempenhado importante papel em alcançar o equilíbrio nas equações de *momentum*. Verificou-se, também, que o

gradiente da pressão foi o principal fator que desencadeou a redistribuição da velocidade.

3.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E HIDROLÓGICAS DO RIO IBICUÍ

A Bacia Hidrográfica do rio Ibicuí está localizada na mesorregião oeste do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 01). Seus 36.397,69 km² de área, passando, entre outros, pelos municípios de São Francisco de Assis e Manuel Viana. Municípios estes que se localizam a montante da seção tipo escolhida.

Esta área de estudo se localiza, no baixo curso do rio Ibicuí, a aproximadamente 210 km da foz, junto ao Rio Uruguai, de onde as águas fluem em direção ao Rio da Plata, desaguando no Oceano Atlântico nos limites entre o Uruguai e a Argentina.

A estrutura rochosa, associada aos processos geológicos na Placa Sul-americana, foi fundamental para a estruturação dos sistemas hidrográficos da América do Sul. Vale destacar, que muitos dos sistemas fluviais atuais, iniciaram sua elaboração em períodos remotos a exemplo do que pode chamar de “paleo-drenagem do Rio Ibicuí”, que segundo Verdum (1997) teve sua organização ainda em meados do Paleógeno (30 milhões de anos) (VERDUM, 1997), ou antes, tal como o sistema fluvial do Rio Uruguai que deve ter iniciado ainda no Jurássico, logo após a separação da América do Sul da África (POTTER & HAMBLIM, 2006).

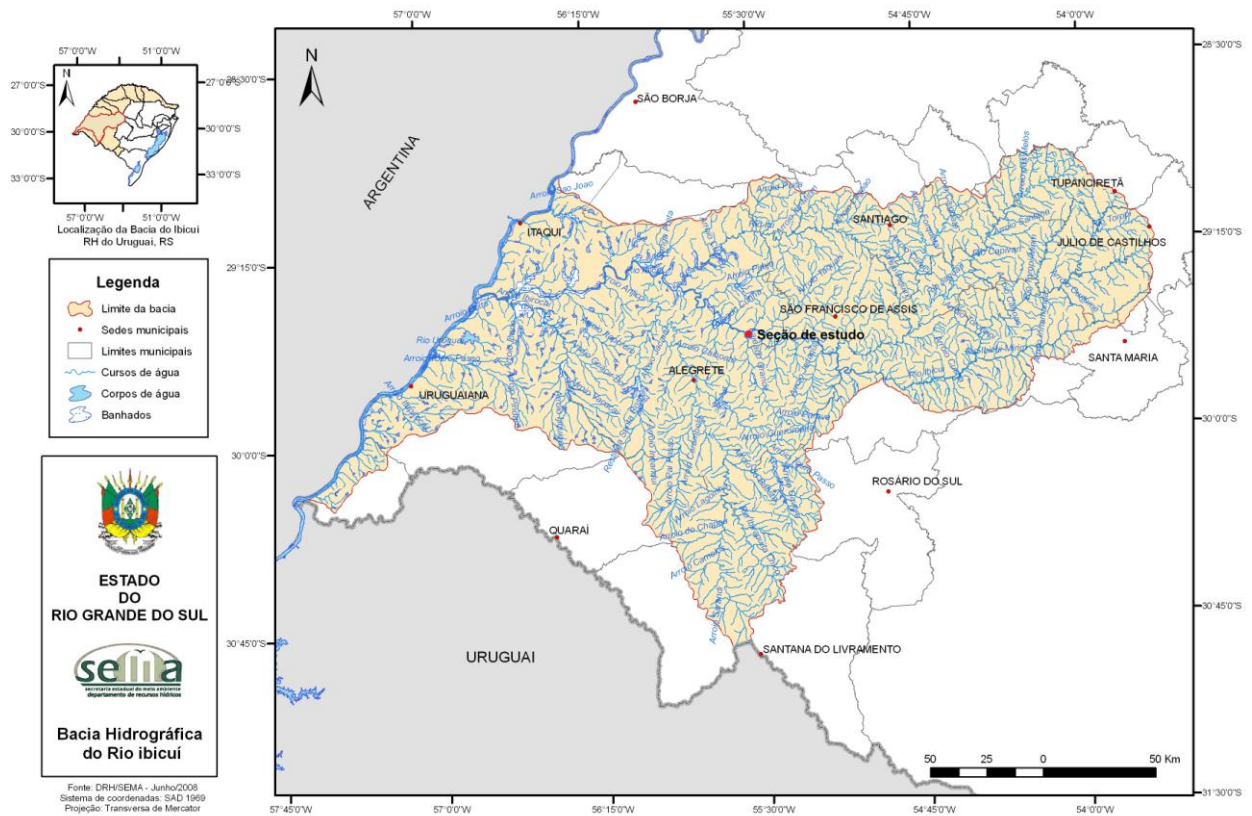


Figura 01 – Bacia hidrográfica do rio Ibicuí.

Fonte: Comitê Ibicuí, modificado pelo Autor, 2014.

O rio Ibicuí com seus dois tributários ao Sul, o Santa Maria e o Ibirapuitã, juntamente com seus tributários ao norte, como o Toropi, Jaguarí e Itu, pertence à Região Hidrográfica do Uruguai.

A bacia do Ibicuí compreende parte das regiões fisiográficas da Campanha, Missões e Depressão Central. Limita-se ao norte com a bacia do Ijuí-Piratinim-Icamaguã; ao sul com as bacias do Quaraí e do Santa Maria; a leste com as bacias do Alto Jacuí e Vacacaí-Vacacaí Mirim; e a oeste com o Rio Uruguai na divisa com a Argentina.

Os principais cursos d'água desta bacia são os rios Ibicuí Mirim, Toropi, Jaguarí, Itu, Jaguarzinho, Santa Maria, Ibirapuitã e os Arroios Caverá, Miracatu, Pai Passo, Inhanduí, Ibirocaí, Touro Passo e Bororé. Ao todo são 55 arroios desaguando no rio Ibicuí.

Conforme VIEIRA (1984), esta bacia tem características um pouco diferenciadas das demais, tendo em vista a natureza do relevo. Boa parte do rio

Ibicuí tem seu curso em terrenos paleozóicos da bacia sedimentar do Paraná (Depressão Central). O curso médio inferior ocorre no capeamento basáltico. O alagamento das margens, várzeas e campos de pastagens é uma consequência do escoamento mais lento, face a gradientes de declives menores. Nos períodos de cheias, o rio se torna navegável em quase toda a sua extensão.

Segundo o Comitê Ibicuí (2014) a vegetação característica da bacia do Ibicuí é composta por formações de Estepes e Savana Estépica. Além dessas, há ocorrência de Savanas, Floresta Estacional Decidual e Áreas de Tensão Ecológica.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão apresentados os métodos experimentais aplicados para a realização dos ensaios de modelagem física em laboratório, bem como, os métodos de realização do acompanhamento temporal do meandro tipo no rio Ibicuí. Além disso, são apresentados os materiais e os instrumentos utilizados, assim como, os ensaios realizados e os procedimentos empregados em ambos os estudos.

4.1 ELABORAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DO MODELO EXPERIMENTAL

Os experimentos aqui apresentados foram produzidos especificamente para realização do Estágio Profissional em Geografia no Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), junto ao Núcleo de Estudos de Correntes de Densidades (NECOD). Para tanto, um canal experimental, que representa um trecho fluvial com um meandro típico, foi projetado e construído. Nos itens que seguem, serão apresentados os materiais e a metodologia empregada durante o período do estágio profissional.

4.1.1 Canal utilizado

Para o dimensionamento do canal foi utilizado um equacionamento baseado em lei de senos, cujos parâmetros de entrada são basicamente o comprimento da onda do meandro [L_m] e um parâmetro denominado grau de sinuosidade [k] (Mecklenburg & Jayakaran, 2012). Os cálculos e dimensionamentos são feitos pelo formulário que segue:

Considerando-se uma largura de canal e um comprimento de onda do meandro, o valor de sinuosidade é definido por:

$$K = \frac{M}{L_m}$$

Sendo M o máximo comprimento do meandro, o valor de K deve ser maior do que 1. A partir do valor de K é calculado o máximo valor do ângulo de inflexão [ω] pela equação:

$$\omega = 2\sqrt{2} \sqrt{1 - \frac{1}{\sqrt{k}}}$$

Posteriormente é calculada a amplitude do meandro [Am] e o raio de curvatura [R] pelas equações:

$$Am = \frac{M}{\pi} \left(\omega - \frac{\omega^3}{9} + \frac{\omega^5}{225} - \frac{\omega^7}{11025} \right)$$

$$R = \frac{Lm K^{1,27}}{16,34(K^{0,5} - 1)^{0,5}}$$

O arco-ângulo do ponto de inflexão [β], o ângulo de curvatura [θ] e o comprimento do arco [l], são calculados por:

$$\beta = \cos^{-1} \left(\frac{16R^2 - 8AmR + Lm\sqrt{4Am^2 - 16AmR + Lm^2}}{4Am^2 - 16AmR + Lm^2 + 16R^2} \right)$$

Os demais componentes [x, y e z], utilizados para o dimensionamento do canal, foram calculados pelas equações que seguem:

$$x = \frac{Lm}{2} + 2R \operatorname{sen}\beta$$

$$y = Am - 2R \operatorname{cos}\beta$$

$$z = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Todos os ângulos utilizados nos cálculos [ω ; β e θ] são expressos em radianos.

O delineamento do meandro com os parâmetros calculados é mostrado na Figura 02.

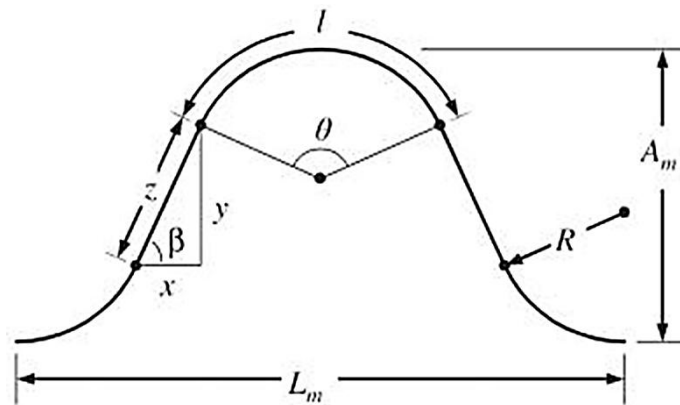


Figura 02: A curva do meandro e os parâmetros utilizados para delineamento. Fonte: Mecklenburg & Jayakaran, 2012.

O canal utilizado (Figura 03) possui 11,00 m de comprimento, 0,25 m de profundidade e 0,30 m de largura. Os perfis para colocação de sondas foram instalados na parte interna do canal meândrico, nos pontos 0° , 45° , 90° , 135° e 180° , e as sondas foram instaladas em cada perfil a 2,1 cm do fundo com espaçamento médio de 2,3 cm entre elas.

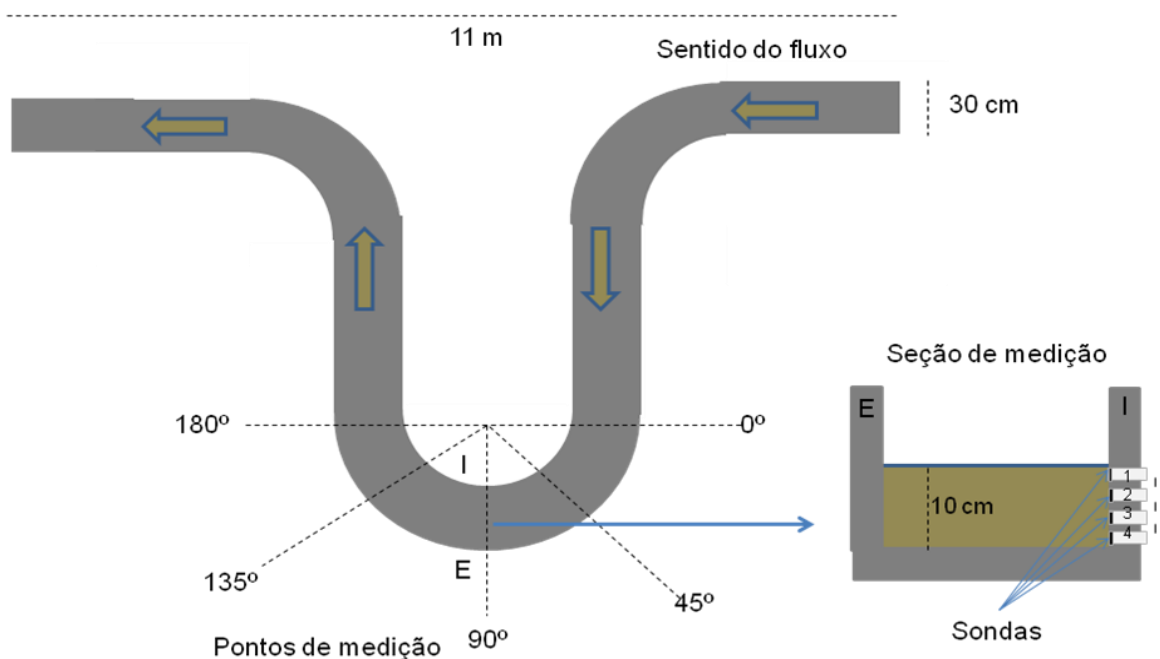


Figura 03 – Modelo esquemático do canal unidirecional utilizado nos experimentos, em escala distorcida. Autoria: Boffo & Autor, 2012.

O Canal Unidirecional foi posicionado dentro de um tanque de maiores dimensões (7,00 m de comprimento, 3,50 m de largura e 1,00 m de altura), permanecendo parcialmente submerso e sobre um fundo já existente. O canal permaneceu em uma declividade nula (0°), para que sua declividade não interferisse nos valores das medições de velocidade, (Figura 04).



Figura 04 – Fotografia no início da construção do canal meândrico, posicionado dentro do tanque. Autoria: Autor, 2012.

4.1.2 Alimentação do ensaio

Para a realização da instalação da alimentação hidráulica do modelo, foi colocado uma tubulação (Figura 05) de 85 mm de diâmetro, ligando o reservatório ao canal em uma instalação já previamente existente no pavilhão, a qual está ligada a uma bomba, que retira água do reservatório e injeta no canal.



Figura 05 – Fotografias da tubulação que abastece o canal. Autoria: Autor, 2012.



Figura 06 – Fotografias da flange e medidor de vazão. Autoria: Autor, 2012.

A vazão utilizada durante os ensaio foi fixada em 1250 l/min, controlada por um medidor de vazão eletromagnético (SIEMENS, com capacidade de até 2000 l/min).

4.1.3 Medidas de velocidade

Um Perfilador Ultrassônico de Velocidades por Efeito Doppler (“Ultrasonic Doppler Velocity Profiling” ou UVP) foi utilizado para obter perfis de velocidade do

escoamento. O instrumento (Figura 07) consiste de um transdutor (marca Met Flow S.A.) que emite pulsos ultrassônicos em um determinado volume de amostragem e, a velocidade de movimentação do fluido é calculada, por efeito Doppler, pela recepção do eco refletido.

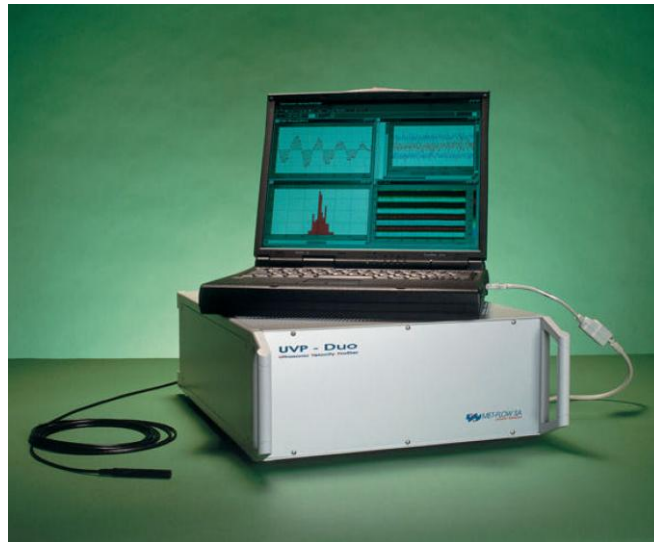


Figura 07 – Perfilador Ultrassônico de Velocidades por Efeito Doppler (UVP)

Cada sonda emite pulsos em apenas uma direção (Figura 08), porém a amostragem é feita em inúmeros volumes dentro da linha de emissão. Deste modo, não apenas um ponto, mas um perfil de medição é obtido a cada amostragem. A sonda utilizada nos experimentos possui 4 MHz, diâmetro externo de 13 mm, resolução espacial de até 0,74 mm, resolução de velocidades de até 0,18 mm/s e taxa de amostragem de até 4 ms por perfil. O sinal é emitido em forma de pulsos, saltando de uma sonda para a outra, de acordo com a ordem informada através de um software que acompanha o equipamento. As leituras são feitas em "looping" e o número de voltas de leitura é programado previamente antes do início da leitura. Para as medidas obtidas foram feitas 200 amostras para cada uma das 4 sondas presentes no perfil, o que resultou em um número de 800 valores de perfis de velocidades medidos.

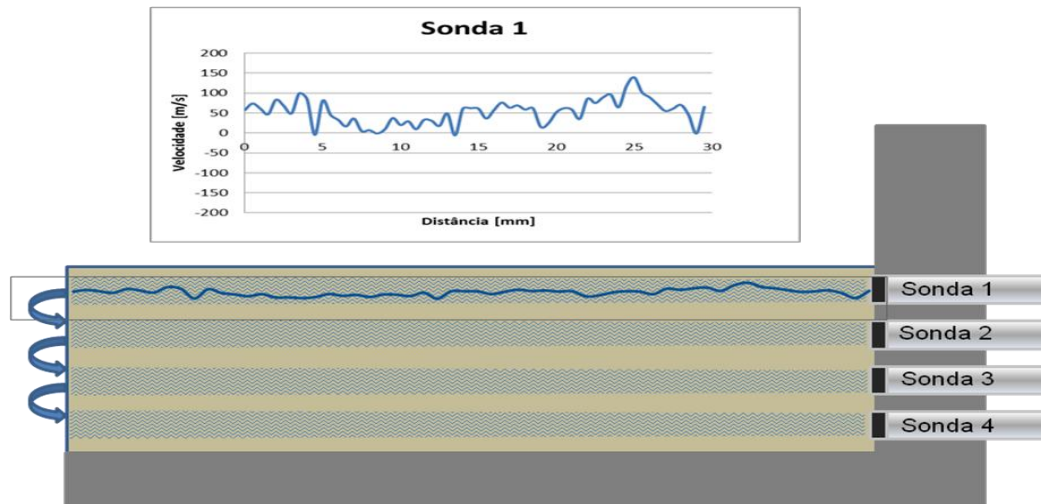


Figura 08 – Modelo que mostra o funcionamento e a forma de aquisição das velocidades do UVP. A autoria: Boffo & Autor, 2012.

4.1.4 Aquisição de dados e imagens

Para a captação das imagens fotográficas durante os experimentos, foi utilizada uma máquina fotográfica digital (Figura 09). E para a aquisição e tratamento dos dados gerados pelo UVP foi utilizado um notebook.



Figura 09 – Máquina fotográfica (NIKON) e notebook (ACER).

4.1.5 Ensaios realizados

Foram realizados dois ensaios: o primeiro ensaio foi uma espécie de teste do modelo e toda a instalação montada, bem como, as sondas que seriam utilizadas, onde foi feita a medição de velocidade secundária apenas no ponto a 90° da curva do meandro. Neste teste, também, foram testadas as configurações

de leituras que seriam utilizadas durante as aquisições dos perfis de velocidades propriamente ditos.

No segundo ensaio realizado, foram levantados os dados em todos os cinco perfis instalados. Os dados foram posteriormente tratados e utilizados para o desenvolvimento do presente trabalho.

4.2 ESCOLHA DA SEÇÃO TIPO NO RIO IBICUÍ

A seção escolhida para o estudo tipo se localiza em um meandro do rio Ibicuí, na unidade morfoestrutural bacia do Paraná, a jusante da cidade de Manuel Viana, próximo à cidade de São Francisco de Assis (Figura 01).

Essa localidade foi escolhida pelo fato que a seção apresenta uma dinâmica fluvial intensa, em função das características litológicas, pedológicas e geomorfológicas e do uso do solo. As margens e o leito fluvial são constituídos de sedimentos areno-argilosos pouco consolidados, o que propicia um potencial acentuado de dinâmica de alteração de suas margens e de seu fundo. Através de imagens de satélite se pode acompanhar, no período entre 1984 e 2010, estas dinâmicas de migração de meandros fluviais, nessa seção tipo.

4.2.1 Mapa de acompanhamento temporal do meandro

Para a realização do mapa de acompanhamento temporal do meandro tipo no rio Ibicuí, foram utilizadas as imagens Landsat TM 5, com resolução espacial de 30 m de pixel, obtidas junto ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), de 25/12/1984, 23/12/1989, 15/12/1992, 26/10/1999 e 17/01/2010. Procurou-se obter as imagens num mesmo período do ano, próximas do mês de dezembro, tendo em vista que é esse o período do ano menos chuvoso nessa região (Verdum, 1997). As imagens foram georreferenciadas utilizando o software ArcGis, e ajustadas para o sistema de projeção UTM, Datum WGS 1984, Zona 21 S.

O mapeamento foi elaborado por interpretação visual para cada ano, e uma linha ao longo da seção tipo do rio Ibicuí foi digitalizada, seguindo a linha das margens do meandro escolhido.

4.2.2 Registros em campo da seção tipo no rio Ibicuí

Em 24/01/2013 foi realizada a saída de campo para o município de Manuel Viana, com o objetivo de percorrer a seção tipo e registrar as morfologias erosivas e deposicionais nas margens do rio Ibicuí. Para tanto, se utilizou a embarcação do Engenheiro Agrônomo Ivo Melo, presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Ibicuí. Para o registro do percurso no rio e dos pontos nas margens, ao longo da seção tipo do meandro, se utilizou o GPS Garmin Map e câmera fotográfica Panasonic DMC-FS42 (Figura 10).



Figura 10 – GPS (Garmin Map) e câmera fotográfica (Panasonic).

5. RESULTADOS

5.1 INTERPRETAÇÕES DAS DINÂMICAS EROSIVAS E DEPOSICIONAIS EXPERIMENTAIS E AO LONGO DO PERFIL TIPO.

5.1.1 Análise do experimento em laboratório

A partir dos dados coletados nos cinco perfis posicionados na região do meandro foram feitos cálculos de valores médios de velocidades ao longo das seções. Posteriormente, foram produzidos os mapas com os valores de velocidades das correntes secundárias para cada uma das seções levantadas. Para a produção dos mapas de velocidades foi utilizado uma planilha eletrônica (Excell) e um programa de modelagem de superfície (Surfer).

Através das observações das velocidades secundárias impostas e coletadas no modelo fluvial, se pode interpretar as zonas de maior e menor velocidade em locais específicos no meandro, mostrando com isso os potenciais pontos de erosão e deposição no meandro. Para um melhor tratamento dos perfis de velocidades, depois de feitos os mapas de velocidade secundária de cada seção no interior do meandro, foram colocadas setas indicando o sentido em que o fluxo está se direcionando dentro da seção (Figura 11).

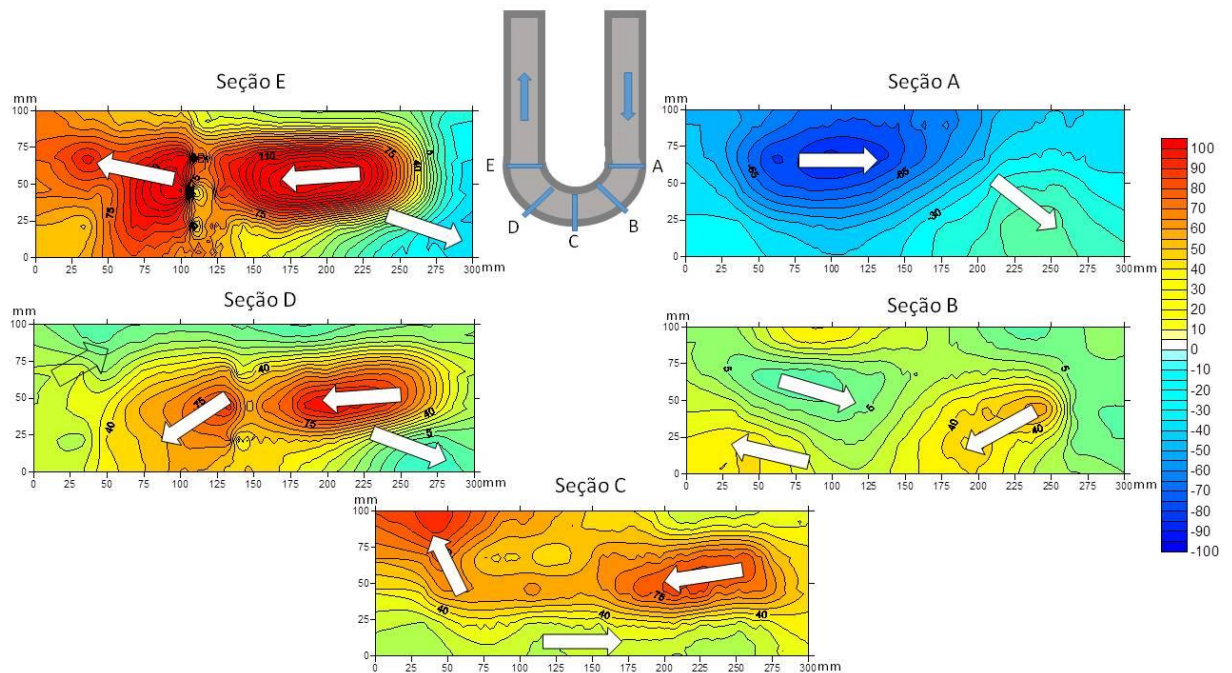


Figura 11 – Mapas de velocidades secundárias para cada seção com setas mostrando o sentido de fluxo. Autoria: Boffo & Autor, 2012.

A partir dos mapas de velocidades secundárias para cada seção, Fig. 11, se pode expressar as interpretações seguintes:

- Seção A: existe uma tendência do fluxo se deslocar para o lado externo da curva, erosão na região externa da curva e deposição na interna;
- Seção B: o fluxo que colide com a parede externa retorna para o centro do meandro, causando uma falsa impressão de baixas velocidades no interior da seção;
- Seção C: o fluxo começa a se deslocar no sentido contrário ao da seção A, ou seja, desloca-se para o lado interno do meandro pela superfície, e retorna com menor velocidade pela parte inferior da seção;
- Seção D: núcleo de velocidades elevadas próximo ao fundo e na região externa da curva, possível erosão na região externa e assoreamento na região interna;
- Seção E: zona com as maiores velocidades em direção ao interior da curva, possível erosão interna e assoreamento na região externa da curva.

Outra observação que pode ser feita com relação aos mapas de velocidades é que, a medida que o fluxo se desloca para jusante, dentro do meandro, existe

uma intensificação das velocidades, indicando que existe um aumento da turbulência e possivelmente processos erosivos.

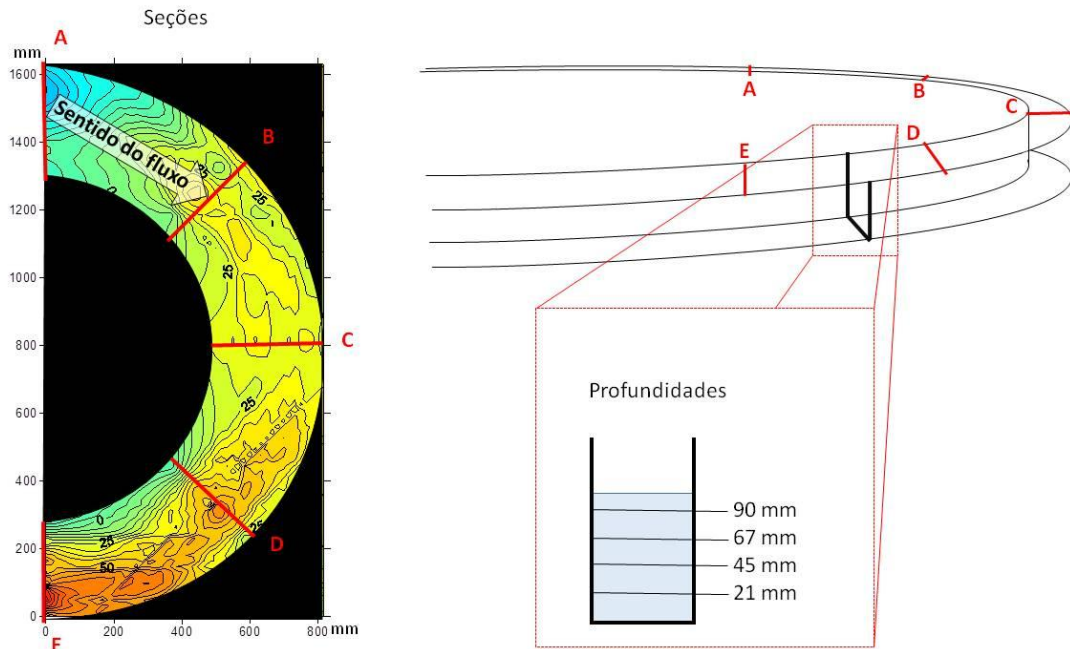


Figura 12 – Modelo esquemático do canal unidirecional mostrando as seções de observação, as diferentes alturas de medição e o mapa de interpolação das velocidades secundárias na profundidade de 21 mm. Autoria: Boffo & Autor, 2014.

Para a melhor observação das medidas das velocidades secundárias, foi feito outro mapa em planta baixa que mostra a interpolação de todas as seções (A, B, C, D e E) em cada profundidade de medição (21, 45, 67 e 90 mm), com isso podemos visualizar de forma integrada as velocidades secundárias, ao longo de todo o meandro, para cada profundidade de medição.

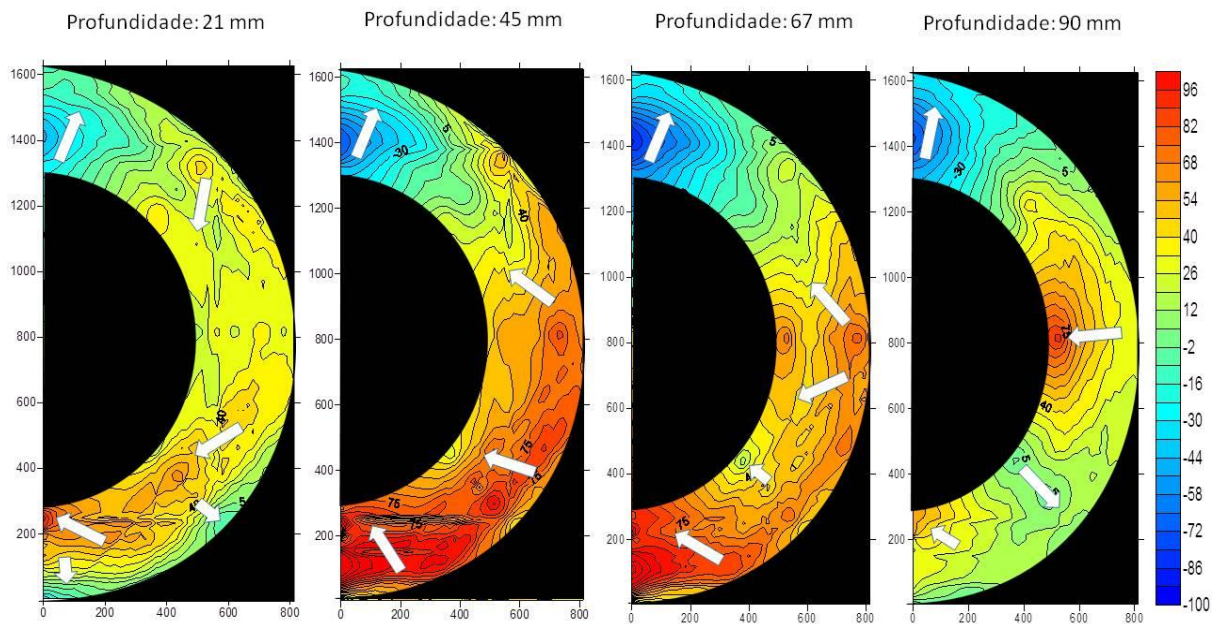


Figura 13 – Mapas de velocidades secundárias para cada profundidade de medição com indicações de setas mostrando o sentido das linhas de fluxo. Autoria: Boffo & Autor, 2014.

Com os mapas de velocidades secundárias para cada profundidade, Fig. 13, se podem expressar as interpretações seguintes:

- Altura de 21 mm: próximo à seção A, existe uma tendência do fluxo se deslocar para o lado externo da curva, tanto nesta profundidade quanto em todas as outras, e à medida que a altura vai se elevando, o fluxo também se intensifica, mostrando assim, possível ponto de erosão na região externa da curva. As seções B e C mostram uma certa neutralidade no fluxo. As seções D e E revelam uma tendência de fluxo da parte central do meandro para a interna, sendo um possível ponto de erosão. Na parte externa do meandro, o fluxo perde velocidade, se aproximando da estagnação da velocidade, sendo um possível ponto de deposição;
- Altura de 45 mm: nas seções A e B o fluxo se comporta da mesma forma que na altura de 21 mm. Já nas seções C, e D percebe-se uma intensificação no fluxo secundário no sentido da parte externa do meandro para a interna, perdendo velocidade, mostrando com isso, uma possível condução de sedimentos para a parte interna do meandro. Na seção E

- intensifica a velocidade secundária da parte externa do meandro para a interna, indicando um possível ponto de erosão na parte interna;
- Altura de 67 mm: as seções A, B, C e E mostram uma tendência de fluxo similar ao da altura de 45 mm. Se diferenciando apenas a seção D, revela uma diminuição no fluxo secundário no sentido da parte externa do meandro para a interna, perdendo velocidade, mostrando com isso, uma possível condução de sedimentos para a parte interna do meandro;
 - Altura de 90 mm: nas seções A e B o fluxo se mantém da mesma forma que nas alturas anteriores. Na seção C ocorre a intensificação do fluxo do lado externo, indo em direção e ganhando velocidade para o lado interna do meandro. Na seção D, da mesma forma que na profundidade de 21 mm, se observa uma tendência de fluxo para a parte externa do meandro, mostrando ser um possível ponto de erosão.

Comparando os mapas de velocidades secundárias para cada seção com os mapas de velocidades secundárias interpolando todas as seções, pode-se observar que a medida que o fluxo se desloca para jusante, dentro do meandro, existe uma intensificação das velocidades, em ambos os mapas de velocidade secundárias, indicando que existe um aumento da turbulência e possivelmente processos erosivos.

5.1.2 Análise dos produtos das imagens de satélite

Na Figura 14 pode-se observar a imagem de satélite LANDSAT TM5 Banda 5 de 17/01/2010, a qual mostra o meandro escolhido para a realização do trabalho de monitoramento temporal da evolução de erosão e deposição do modelo tipo no rio Ibicuí.

Área de Estudo

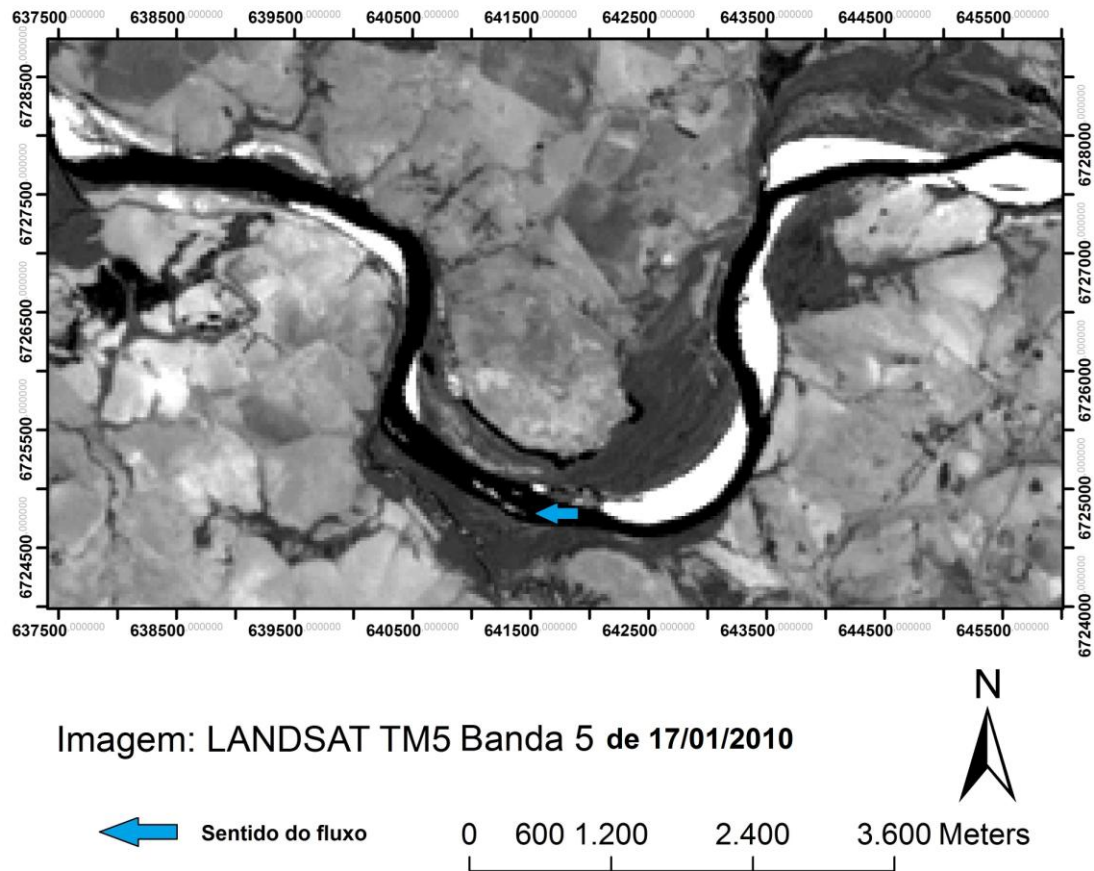


Figura 14 – Imagem de satélite da área de estudo. A autoria: Autor, 2014.

Para a composição do mapa de acompanhamento temporal do meandro tipo (Figura 15), foi feita a interpretação visual das imagens de satélite das seguintes datas: 25/12/1984, 23/12/1989, 15/12/1992, 26/10/1999 e 17/01/2010, perfazendo um período de 26 anos de análise temporal.

Para cada imagem, uma linha ao longo do meandro foi digitalizada seguindo a linha das margens do meandro escolhido, utilizando o software ArcGis.

As linhas digitalizadas foram agrupadas num único mapa, para facilitar a comparação das mudanças ocorridas no decorrer do período analisado. Também foram acrescentados ao mapa os pontos de coordenadas geográficas (Tabela 01 em anexo) adquiridos para facilitar as indicações das observações de campo.

Para o acompanhamento temporal do meandro, foram colocadas setas indicando os locais interpretados como de erosão e de deposição ao longo do meandro tipo.

Com base mapa do acompanhamento temporal do meandro, Fig. 15 se pode expressar as interpretações dos seguintes pontos:

- Ponto 1: logo a jusante percebe-se uma diferenciação, no decorrer do tempo, na posição de suas margens, possivelmente causado pela sedimentação de material na sua margem direita;
- Ponto 2: semelhante ao ponto 1 há uma variação das suas margens, possivelmente causado pela sedimentação de material na sua margem esquerda;
- Ponto 5: percebe-se uma variação em suas margens, talvez causada pela erosão em sua margem direita e deposição na esquerda;
- Ponto 7: ocorre uma intensificação na erosão de sua margem esquerda nos últimos anos, comparando os anos de 1999 a 2010;
- Ponto 9: próximo a montante deste ponto, percebe-se que na margem direita há uma variação, quiçá causada por deposição. Já na margem esquerda não se percebe está variação, mesmo que esta margem seja erosiva, ela não se altera por sua base ser rochosa;
- Ponto 11: suas duas margens apresentam alterações ao longo do tempo. A margem direita causada por erosão e a esquerda por deposição.

Acompanhamento Temporal do Meandro

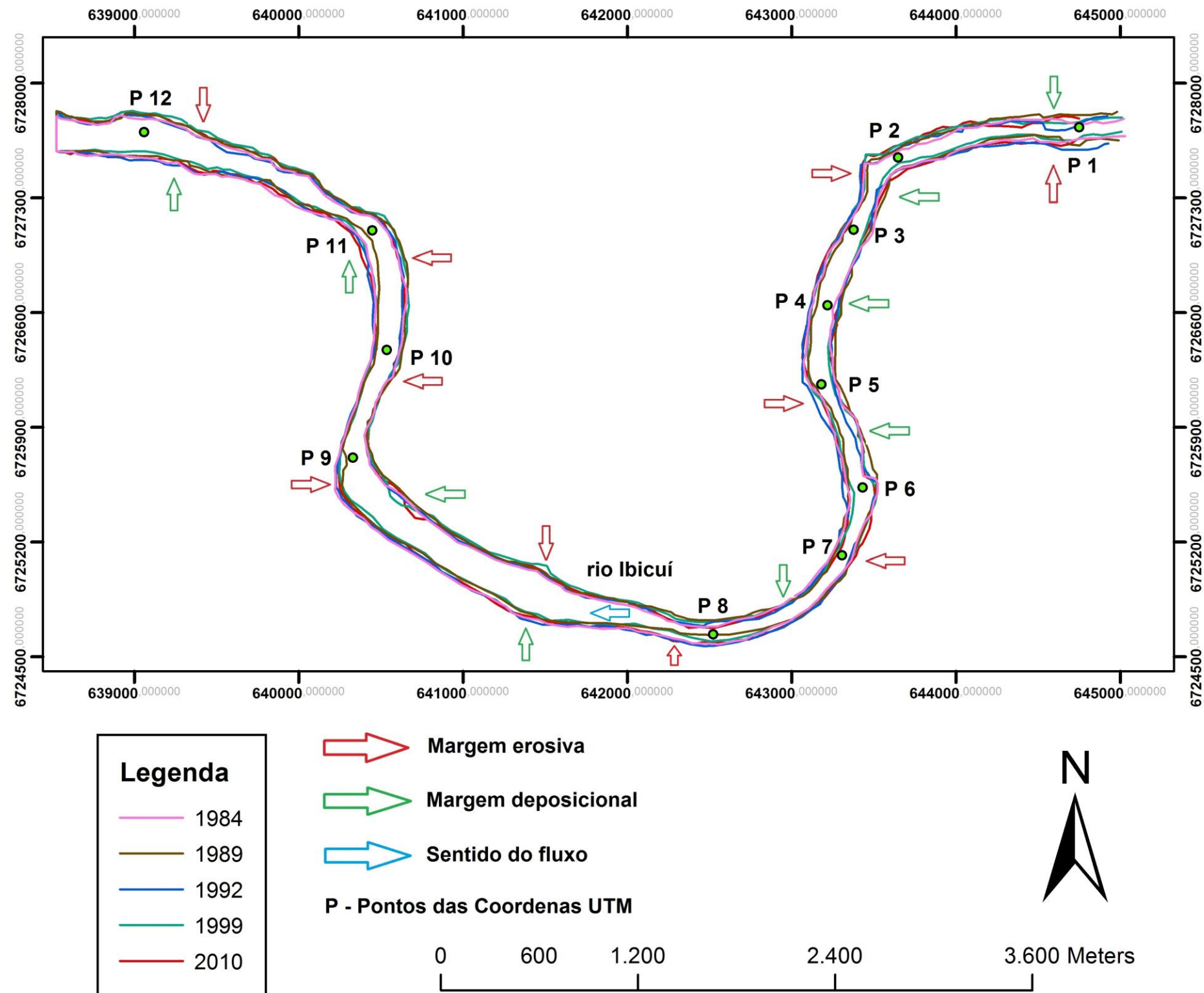


Figura 15 – Mapa do acompanhamento temporal do meandro. Autoria: Autor, 2014.

5.2 REGISTROS DE CAMPO DAS MARGENS EROSIVAS E DEPOSICIONAIS, AO LONGO DO MEANDRO TIPO NO RIO IBICUÍ.

Para a realização do mapa das margens deposicionais e erosivas foi colocado como referência do meandro, a linha digitalizada na imagem retirada em 2010. Também, foram colocados no mapa os pontos de coordenadas geográficas (Tabela 01) em anexo, adquiridos no campo, para assim facilitar as localizações dos pontos observados na imagem.

Em alguns pontos que mostram com maior clareza os processos erosivos e deposicionais foram colocados os registros fotográficos retirados na saída de campo.

Com base no mapa das margens deposicionais e erosivas, Fig. 16, se pode expressar as interpretações dos seguintes pontos:

- Ponto 3: sedimentação de material na sua margem esquerda, caracterizando, assim, como um local deposicional do meandro;
- Ponto 4: margem direita erodida, causada pela intensidade do fluxo hídrico neste local, chegando a arrancar parte da mata ciliar;
- Ponto 7: semelhante ao ponto 4, intensidade da erosão neste local, só que localizada na margem oposta, esquerda. Aqui os processos erosivos podem agir com mais energia, pois a mata ciliar foi suprimida da sua margem;
- Ponto 9: margem esquerda erosiva, nesse local ocorre um intenso fluxo hídrico em período de cheia, mas mesmo assim, este local não sofre supressão de sedimento, provavelmente, causado pela preservação da mata ciliar e sua base ser rochosa;
- Ponto 12: margem direita do meandro erodida que, diferente do ponto 9, ocorre supressão de sedimento da margem, provavelmente, causada por sua base de sedimentos inconsolidados.

Acompanhamento Temporal do Meandro

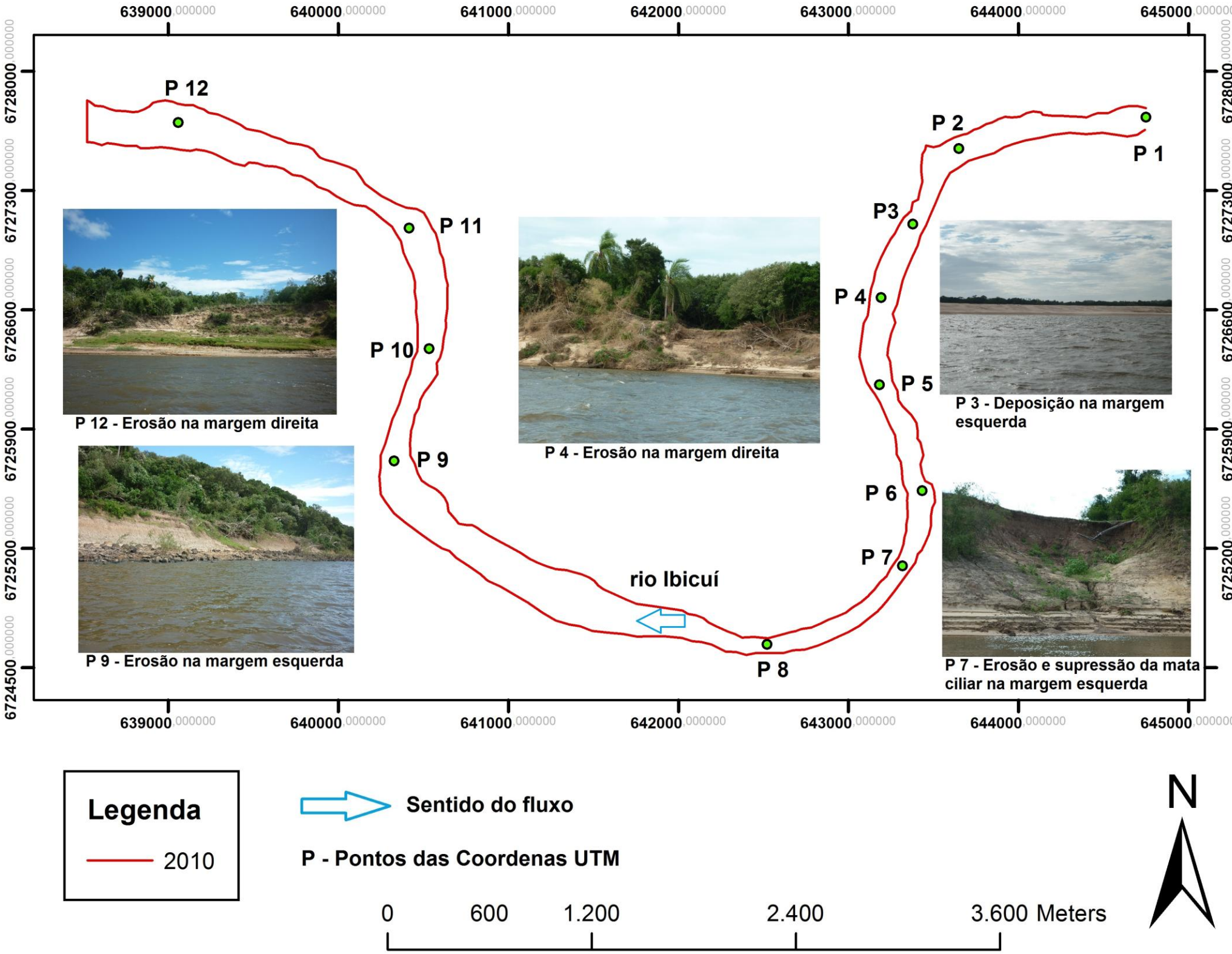


Figura 16 – Mapa das margens deposicionais e erosivas. Autoria: Autor, 2014

5.3 COMPARAÇÕES DO MODELO EXPERIMENTAL COM A DINÂMICA FLUVIAL NA SEÇÃO TIPO, NO RIO IBICUÍ.

Para Comparar os mapas de velocidades secundárias (Figuras 11 e 13) do modelo experimental, com os mapas de acompanhamento temporal do meandro (Figura 15) e das margens deposicionais e erosivas (Figura 16) da seção tipo no rio Ibicuí, pode-se conferir as seções dos primeiros mapas com os pontos de observações do segundo, nos mesmos pontos da curva dos meandros correspondentes. A partir daí, se pode inferir as semelhanças ou diferenças dos dois modelos de análise:

- Seção A com Ponto 6: próximo à seção A, existe uma tendência do fluxo se deslocar para a margem esquerda do meandro, mostrando assim, possível ponto de erosão neste segmento. Logo a jusante do ponto 6, também, se encontra na margem esquerda do meandro a indicação de margem erosiva, e na margem oposta o processo deposicional. Neste local do meandro os modelos concebidos em laboratório apresentaram as mesmas características de erosão e sedimentação;
- Seção B com Ponto 7: próximo à seção B, o fluxo que incide na margem esquerda e retorna para o centro do meandro, causando baixas velocidades no interior da seção. No ponto 7 há a presença de uma margem esquerda erodida, com intensidade expressiva neste local. Embora, os processos erosivos possam agir com mais energia, pois a mata ciliar foi suprimida da margem do modelo tipo, o modelo experimental sugere a neutralidade das correntes secundárias neste ponto; talvez só agindo as velocidades do fluxo principal para causar erosão, sendo que as correntes secundárias transportam material para sedimentação na margem oposta;
- Seção C com Ponto 8: próximo à seção C, o fluxo começa a se deslocar no sentido contrário ao da seção A, ou seja, desloca-se para o lado interno do meandro pela superfície, e retorna com menor velocidade pela parte inferior da seção. No ponto 8 mostra a margem esquerda erosiva e direita deposicional. Neste local as correntes secundárias do modelo

experimental, também, diferem do modelo tipo, talvez só agindo as velocidades do fluxo principal para causar erosão e as correntes secundárias transportam o material para a sedimentação na margem oposta, como na seção B e o ponto 7;

- Seção D com Ponto 9: próximo à seção D, núcleo de velocidades elevadas próximo ao fundo e no segmento externo da curva, possível erosão na margem esquerda e assoreamento na margem direita. O ponto 9 mostra a margem esquerda erosiva, tendo em vista que este segmento recebe um intenso fluxo hídrico em períodos de cheia, mas mesmo assim, este segmento não sofre supressão de sedimento, provavelmente, causado pela preservação da mata ciliar e sua base ser rochosa;
- Seção E com Ponto 10: próximo à seção E zona com as maiores velocidades em direção à margem direita do meandro, com possível erosão nesta margem e assoreamento na margem esquerda da curva. No ponto 10 se encontra na margem direita a indicação de margem erosiva, e na margem esquerda como sendo deposicional. Neste local do meandro o modelo desenvolvido em laboratório apresentaram as mesmas características de erosão e sedimentação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi compreender a dinâmica de migração de meandros fluviais, através do estudo dos mecanismos de erosão e deposição. As principais conclusões obtidas deste trabalho são apresentadas a seguir:

A realização de ensaios em um modelo experimental, medindo suas velocidades secundárias nos segmentos do meandro, foi positiva. A partir dos dados gerados nesses ensaios foi possível à criação dos mapas de velocidades secundárias.

Ao gerar os mapas de velocidades secundárias, se conseguiu interpretar os segmentos do meandro que favorecem a geração de erosão e deposição do canal e o deslocamento hídrico interno. Sendo que essas informações podem ajudar a mensurar a influência desses fatores na dinâmica geomorfológica fluvial e nos impactos ambientais associados aos usos sociais, junto às margens do canal.

A escolha da seção tipo localizada a jusante de Manuel Viana no rio Ibicuí, foi de grande valia para registrar as morfologias erosivas e deposicionais, pois neste local, foi possível identificar as dinâmicas fluviais através da criação dos mapas de acompanhamento temporal do meandro, assim como das margens erosivas e deposicionais.

Ao comparar os processos erosivos e deposicionais que ocorrem na seção tipo e àqueles identificados e analisados nas seções do modelo experimental, pode-se observar similaridades entre os dois modelos. As informações geradas no modelo experimental ajudam a compreender as zonas de erosão e deposição da seção tipo, o que pode ser um parâmetro para a gestão das margens do canal.

Isto é, estas informações são relevantes para determinar as zonas de riscos de erosão e deposição que, dependendo da situação, podem trazer prejuízos ou benefícios ambientais e socioeconômicos aos ribeirinhos. Como por exemplo, o assoreamento do leito fluvial pode dificultar a navegação, a qual é de fundamental importância para o deslocamento dos ribeirinhos e transportes comerciais.

7. REFERÊNCIAS

- ALLEN, J. R. L. 1970. **Physical processes of sedimentation**. George Allen & Unwin Ltd., Londres. 248 pp.
- BIGARELLA, J. J. 2003. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. vol. 3. Contribuição de Everton Passos... [et al.]. – Florianópolis: Ed. da UFSC. 1435 pp.
- BLOOM, A. L. 1996. **Superfície da Terra: Serie De Textos Básicos De Geociência**. Editora Edgard Blücher LTDA. 184 p.
- BROOKES, A. 1996. **River channel change**. IN: PETTS, G; CALOW, P. (Editors). River flows and channel forms. Blackwell Science. p. 221-240.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blüchler. 188 pp.
- _____. 1981. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 1. ed. 313 pp.
- CUNHA, S. B. 2012. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 11ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 474 p.
- COMITE IBICUI: **Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí**. Disponível em www.comiteibicui.com.br. Acesso em 02 de fevereiro a 30 de junho de 2014.
- CUNHA, S. B. 2012. Geomorfologia: **uma atualização de bases e conceitos**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 474 p.
- CUNHA, S. B. & SOUZA, C. A. 2012. **Pantanal de Cáceres - mt: dinâmica das margens do rio paraguai entre a cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taiamã – mt**. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, p 18 - 42.
- DOLLAR, E. S. 2000. **The Determination of Geomorphically Effective Flows for Selected Eastern Sea-Board Rivers in South Africa**. Ph.D. dissertation. Rhodes University, South Africa. 311 p.
- DRAGO, E. C. 1976. **Origen y clasificacion de ambientes leníticos en lanuras aluviales**. Revista Asociacion Ciencia Natural, n. 7, p. 123-137.
- GREGORY, K. J; G. BENITO & DOWNS P. W. 2007. **Applying fluvial geomorphology to river channel management: Background for progress towards a paleo-hydrology protocol**. Geomorphology, in-press.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M.G.& MILLER, J.P. 1964. **Fluvial process in geomorphology**. San Francisco: W. H. Freeman and Company. 201 pp.

MECKLENBURG, D. E. & JAYAKARAN, A. D. 2012. **Dimensioning the sine-generated curve meander geometry**. Journal of the American Water Resources Association, Vol. 48, N. 3, p. 635-642.

NEWSON, M. D. 2002. **Geomorphological concepts and tools for sustainable river ecosystem** management. Aquatic Conservation: Marine & Freshwater Ecosystems, 12, 365-379.

NOVO, E. M. L. de M. 2008. **Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais**. Teresa Gallotti Florenzano (org). São Paulo: Oficina de Textos, p 219 – 247.

POTTER, P.E. & HAMBLIN, W.K. 2006. **Big rivers worldwide**. Série Brigham Young University, Geology Studies, v.48, 80 pp.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C; MANCINI, F. 2000. **Rios e processos aluviais**. In: Decifrando a Terra. São Paulo. p. 191-210.

ROZOVSKII IL. 1961. **Flow of water in bends of open channels**. The Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.

SHUMATE ED. 1998. **Experimental description of flow at an open-channel junctions**. Master Thesis. University of Iowa.

SONG, C. G.; SEO W.; KIM Y. 2012. **Analysis of secondary current effect in the modeling of shallow flow in open channels**. Advances in Water Resources 41 29–48.

TOULOUSE. 1997. **UFR de Géographie et Aménagement**, Université de Toulouse Le Mirail, 211 p.

VERDUM, R. 1997. **L'approche géographique des "déserts" dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana, État du Rio Grande do Sul, Brésil**. Tese de Doutorado. Toulouse: UFR de Géographie et Aménagement, Université de Toulouse Le Mirail, . 211p.

WETZEL, R. G. 1976. **Limnology**. Philadelphia. Toronto: W. B. Saunders Company. London. 742 pp.

ANEXO

Pontos	Latitude	Longitude
1	644751	6727728
2	643645	6727534
3	643379	6727102
4	643193	6726669
5	643178	6726148
6	643433	6725529
7	643309	6725116
8	642523	6724634
9	640331	6725712
10	640537	6726370
11	640449	6727098
12	639062	6727698

Tabela 01 – Coordenadas UTM de localização dos pontos de referência dos mapas 15 e 16.
Autoria: Autor, 2014.

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA**

ALUNO: Cristian Valenti Schenk

CARTÃO: 120914

Curso (Bacharelado ou Licenciatura): Bacharelado

Banca Examinadora:

1º) Orientador: Roberto Verdum & Carolina H. Boff

2º) Prof. Examinador: Laurindo A. Guasselli

3º) Prof. Examinador: Nelson S. Gruber

Título do Trabalho de Conclusão de Curso:

Migração de meandros fluviais: estudo dos mecanismos de erosão e deposição no Rio Ibicuí/RS.

Data da Defesa do TCC: 17/07/14

Conceito: A

Parecer da Comissão Examinadora:

Avalia-se como positiva a relevância da proposta de estudo que relaciona modelagem, a realidade em campo e o mapeamento obtido. Sugere-se a aplicação da referencial teórico-metodológico, tanto no que se refere tanto à geomorfologia fluvial e na modelagem de dinâmicas fluviais. Também, melhorar a discussão dos resultados. Propõe-se que o autor publique o estudo na forma de artigo, assinado como, apresente-o à comunidade local.

Assinaturas dos Membros da Comissão

1)

2)

3)

Ciente do Aluno:

Cristian Valenti Schenk

Data:

17/07/14

UFRGS - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - COMGRAD/GEOGRAFIA

Av. Bento Gonçalves, nº 9500 - Bloco 1 - Prédio 43113 - Fones: (051) 3308-6348/3308-6329 - Fax: (051) 33087302
Caixa Postal: 15.001 - CEP: 91540-000 - Porto Alegre - RS - Brasil. E-mail: comgrad.gea@ufrgs.br.