

## MAPA BATIMÉTRICO DA CONFLUÊNCIA DOS RIOS PARANÁ E PARANAPANEMA: PR, SP, MS. \*

PAES, R.J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UnG - Universidade de Guarulhos, Pós-graduação em Análise Geo-ambiental, Praça Tereza Cristina, 1, 07023-070, Guarulhos, SP; GEMA/UEM - Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá – PR

MARTINS, D. P.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> GEMA/UEM - Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá – PR, LRGE - Laboratoire Rhodanien de Géographie de L'Environnement, Université Lumière Lyon 2.

MEURER, M.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> GEMA/UEM - Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá – PR, LRGE - Laboratoire Rhodanien de Géographie de L'Environnement, Université Lumière Lyon 2.

FUJITA, R. H.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> GEMA/UEM - Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá – PR

STEVAUX, J.C.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> UnG - Universidade de Guarulhos, Pós-graduação em Análise Geo-ambiental, Praça Tereza Cristina, 1, 07023-070, Guarulhos, SP, GEMA/UEM - Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá – PR

### RESUMO

O estudo das características das dinâmicas de grandes rios aluviais é de grande interesse tanto nos estudos geomorfológicos quanto nos de hidráulica fluvial, como também para ajudar no planejamento de vários problemas ligados as ciências ambientais que envolvem o gerenciamento dos recursos hídricos. O conhecimento das características e da dinâmica do fluxo e das formas de leito (carga de fundo) dos rios também é de grande interesse aos estudos da geomorfologia e da hidráulica fluvial para ajudar na solução dos vários problemas concernentes às ciências ambientais. Alguns estudos sobre áreas de confluência demonstraram que a morfologia do fundo dos canais desempenha um importante papel na organização dos fluxos e na dinâmica da carga sedimentar (Best e Roy, 1991; Rhoads e Kenworthy, 1995; Gaudet e Roy, 1995; Biron et. al. 1996a e 1996b; Axtmann et. al., 1997). Apesar disto, grande parte das metodologias utilizadas até então foi desenvolvida em pequenos cursos d'água ou em canais experimentais (*flumes*). Este trabalho foi realizado na confluência dos rios Paranapanema com o Paraná, na região do pontal do Paranapanema, onde estes rios fazem à divisa natural de três estados: São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná, à jusante das barragens de Rosana (SP) e Engenheiro Sergio Motta conhecida como Porto Primavera (PR) e está localizado entre as coordenadas 22 24'28" e 22 51'32" de Latitude Sul e 53 25'28" e 53 56'34" de Longitude Oeste, com o objetivo realizar um mapa batimétrico detalhado na confluência dos rios Paraná e Paranapanema. Foram utilizados na coleta e georreferenciamento dos dados batimétricos uma Ecossonda / GPS, marca *Furuno*, modelo *GP 1650-F* acoplados a um computador portátil. Os dados coletados foram armazenados no computador com o auxílio do *software* de navegação *Fugawi3*. Usando o programa *SURFER 8.0* foi feita interpolação dos dados batimétricos e das margens resultando na geração de dois mapas da área de confluência; um batimétrico e outro tridimensional.

Palavras-chave: Mapa batimétrico, Confluência, rio Paraná, rio Paranapanema.

\* FAPESP Projeto 04/14057-5 e CNPq projeto 470148/2004-7

## INTRODUÇÃO

As confluências fluviais caracterizam-se como sendo ambientes bastante complexos, pois nestes locais ocorre a combinação de matéria (água, sedimentos) e energia (forças exercidas pelos fluxos) oriundas de diferentes fontes. As interações entre estes elementos resultam em uma variabilidade processual e morfológica, moldando o canal fluvial em função das flutuações sazonais nas contribuições de cada curso d'água.

Alguns estudos sobre áreas de confluência demonstraram que a morfologia do fundo dos canais desempenha um importante papel na organização dos fluxos e na dinâmica da carga sedimentar (Best e Roy, 1991; Rhoads e Kenworthy, 1995; Gaudet e Roy, 1995; Biron et. al. 1996a e 1996b; Axtmann et. al., 1997). Apesar disto, grande parte das metodologias utilizadas até então foi desenvolvida em pequenos cursos d'água ou em canais experimentais (*flumes*). Por conta disso, a aplicação de muitas destas metodologias tornam-se inviáveis em grandes rios, como é o caso do Rio Paraná.

Nesse sentido, a elaboração de um mapeamento batimétrico pode ser uma ferramenta fundamental para o conhecimento da geometria e da morfologia dos grandes canais fluviais, servindo de suporte para estudos sobre a dinâmica de fluxos e transporte sedimentar. Com este intuito, foi realizado, no mês de julho de 2005 um mapeamento batimétrico na confluência dos rios Paranapanema e Paraná.

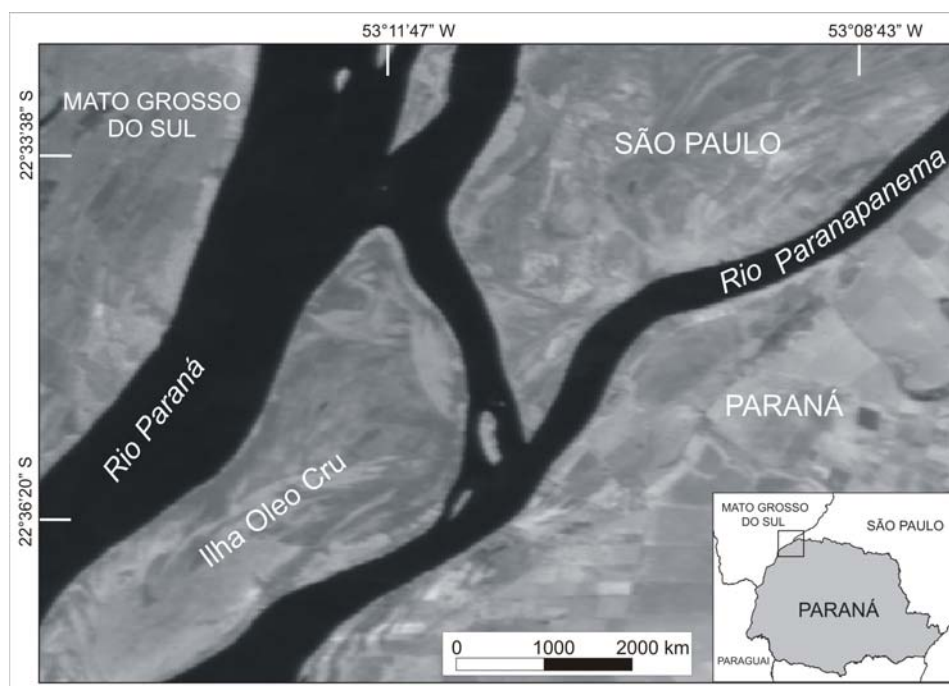


Figura 1. Localização da área de estudo.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### Coleta de Dados

O levantamento batimétrico da confluência foi realizado nos dias 13 e 14 de julho de 2005. Para a coleta e georreferenciamento dos dados batimétricos, foi utilizada uma Ecossonda / GPS, marca *Furuno*, modelo *GP 1650-F*. Este equipamento possui um transdutor que emite e recebe pulsos nas frequências de 50 kHz (indicada para pesca) ou 200 kHz (indicada para fins batimétricos). Este tradutor calcula a profundidade através

da diferença de tempo entre a emissão e a recepção do sinal, estando apto a detectar profundidades entre 0,5 m e 800 m, com uma precisão de 0,1 m.

A posição de cada ponto batimétrico é dada pelo receptor GPS do próprio equipamento. Os dados coletados foram armazenados em um computador portátil conectado à Ecossonda / GPS (Fig.2) com o auxílio do *software* de navegação *Fugawi 3*.

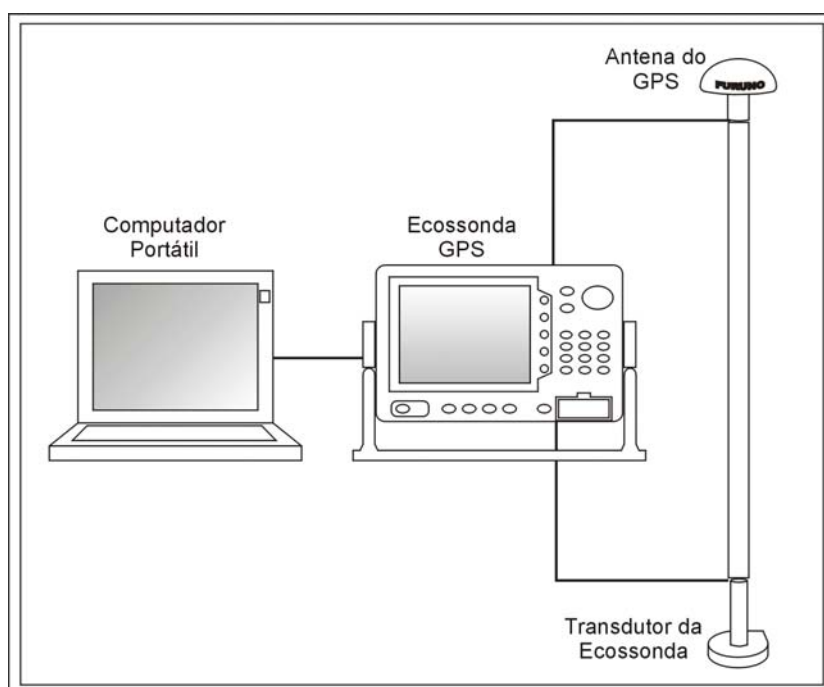


Figura 2. Esquema de ligação dos equipamentos de coleta de dados. Fonte: MARTINS (2004).

O levantamento foi realizado percorrendo-se, com uma embarcação, toda a área de amostragem. O deslocamento da embarcação foi feito em ziguezague, com uma distância entre as linhas de amostragem diretamente proporcional à largura do canal e inversamente

proporcional ao detalhamento desejado para os produtos batimétricos. Em alguns setores também foram realizados perfis longitudinais.

### **Tratamento dos dados**

Os dados coletados pela Ecossonda / GPS e armazenados pelo *software Fugawi 3* foram exportados sob a forma de arquivos em formato texto, com a extensão *TXT*. No *software Surfer 8.0*, os arquivos exportados foram abertos e os dados de posição e profundidade de todos os pontos batimétricos foram reunidos em uma única planilha (worksheet), salva com a extensão *DAT (Golden Software Data)*.

Antes de interpolar os pontos batimétricos, foi necessário incorporar na planilha os dados das margens e ilhas. Esses dados foram extraídos da digitalização da imagem do satélite Landsat 7 ETM+, órbita-ponto 223-076, de 18/11/1999. As linhas e os polígonos digitalizados foram exportados, a partir do *software Autodesk Map 2004*, em formato *DXF*. Com o auxílio do *software DXFXYZ2*, este arquivo *DXF* foi convertido em um conjunto de dados de posição e altitude, que foram incorporados à planilha de dados batimétricos.

A geração do mapa e do modelo batimétrico foi realizada no *software Surfer 8.0* através da interpolação dos dados batimétricos e das margens, utilizando como método de interpolação a *Triangulação com Interpolação Linear*.

## **RESULTADO E DISCUSSÃO**

O rio Paraná, principal canal fluvial da bacia do rio Prata, percorre uma distância aproximada de 3.965 km, de sua nascente, na confluência dos rios Grande e Paranaíba, até sua foz, no estuário do rio da Prata (Fig.1) (OEA, 1971 *apud* ORFEO & STEVAUX, 2002). O trecho do rio Paraná a montante da confluência já vem sendo estudado desde a última década no tocante à carga suspensa (Rocha, 2001, Crispim, 2001), regime fluvial (Souza Filho et al. 2004), erosão de ilhas e margens (Destefani, 2005, Borges, 2004) e impacto sócio-econômico devido à barragem de Porto Primavera.

O rio Paranapanema surge de varias nascentes, na serra do Paranapiacaba e tem uma extensão total de 930 km em um desnível de 600 m. As nascentes do rio Paranapanema estão localizadas na serra Agudos Grandes, no Sudeste do estado de São Paulo, a aproximadamente 100 km da costa Atlântica, numa latitude de 24° 51' sul e longitude 48°10' oeste, a cerca de 900m acima do nível do mar. Desenvolve-se no sentido geral leste-oeste e deságua no rio Paraná numa altitude de 239 m aproximadamente (fig. 1)

apresentam, em sua porção final, profundidades em torno de 4 metros, com o talvegue simetricamente posicionado (Fig.3).

O canal do Rio Paraná que corta a porção superior da ilha Óleo Cru e que encontra com o rio Paranapanema, possui profundidades médias em torno de 3 metros, com a presença de barras arenosas, muitas vezes aflorando em superfície. Esta diferença de profundidade entre os dois canais, assim como a presença das barras, pode ser um fator importante na compreensão da dinâmica dos fluxos neste setor.

Após a confluência, o canal receptor das águas do Paraná e do Paranapanema é composto por um segmento retilíneo, com profundidades em torno de 4 metros. O talvegue, inicialmente centralizado, vai sendo progressivamente deslocado em direção a margem esquerda (Fig.3).

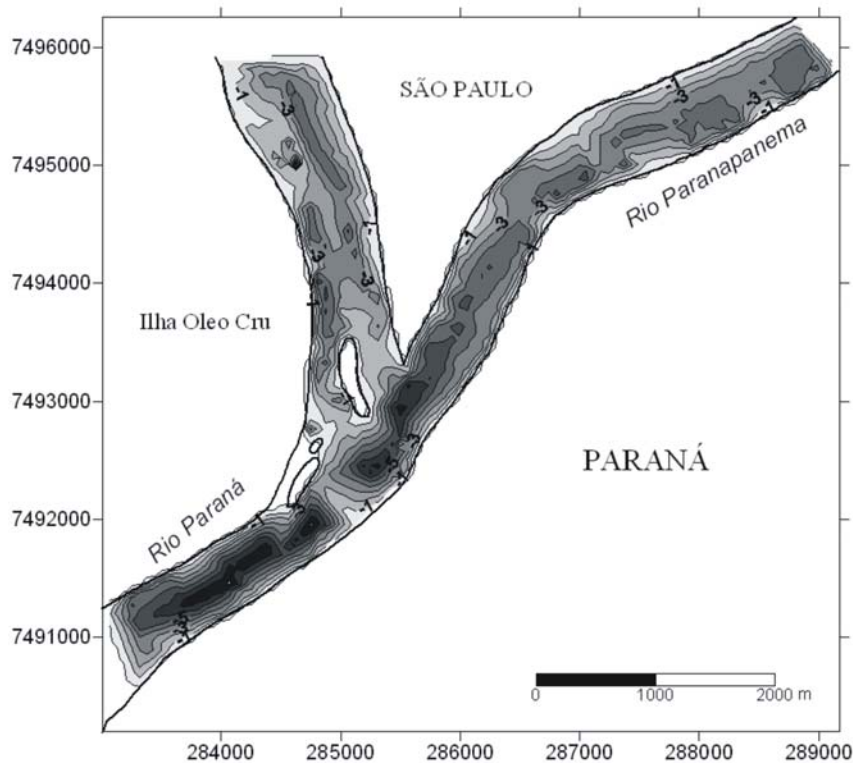


Figura 3 - Mapa batimétrico da confluência – notar a presença de uma fossa na área da confluência

A elaboração do modelo batimétrico tridimensional (Fig. 4) serviu como uma complementação do mapa batimétrico. A partir do modelo elaborado, foi possível uma melhor visualização da morfologia dos canais que compõem a região da confluência dos rios Paraná e Paranapanema.

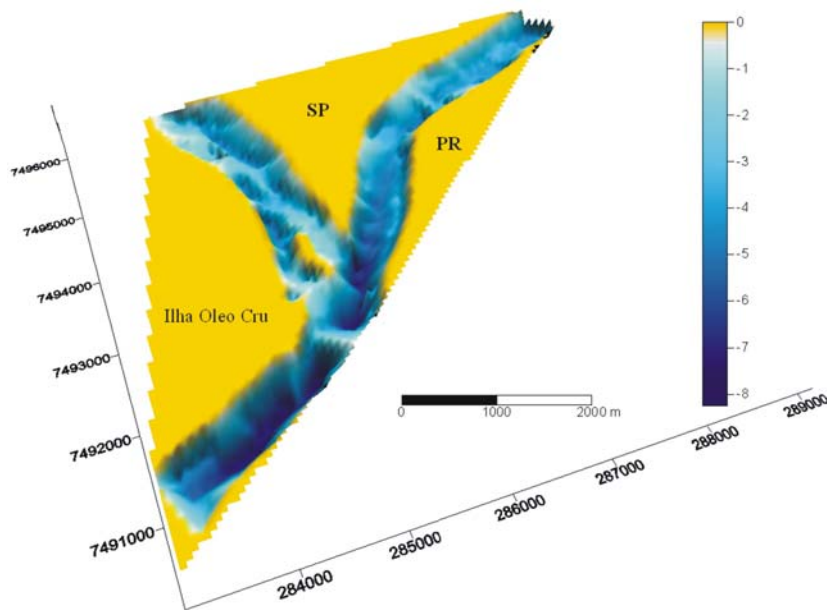


Figura 4 - Modelo batimétrico da confluência – Notar o deslocamento do talweg após a confluência

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho constituiu um primeiro ensaio de mapeamento batimétrico de detalhe para a confluência. Apesar dos avanços tecnológicos concernentes aos equipamentos de medição e posicionamento, ainda existem algumas dificuldades a serem enfrentadas ao longo de um trabalho desta natureza.

No processo de aquisição e tratamento dos dados estão embutidas algumas limitações inerentes aos equipamentos e *softwares* utilizados. Durante a fase de amostragem, a distância entre as linhas de medição é inversamente proporcional ao grau de detalhamento do mapeamento. Assim sendo, procura-se sempre utilizar a menor distância possível entre as linhas de amostragem, porém é preciso ponderar esta distância com o tempo e os recursos disponíveis para a realização da amostragem.

Cabe ressaltar também que a elaboração de um mapa batimétrico é feita através de um processo de interpolação de dados pontuais. Por melhor que seja o grau de detalhamento, o processo de interpolação pode vir a mascarar ou a ressaltar algumas feições dos canais fluviais.

## **AGRADECIMENTOS**

Esta pesquisa conta com o financiamento do Programa de Ecologia de Longa Duração - PELD/CNPq, do CT-HIDRO/CNPq e da FAPESP (Proc. 04/14057-5). Os autores agradecem ao LABOGEF – Laboratório de Geologia e Geografia Física, da UFG – Universidade Federal de Goiás, pela disponibilização de alguns equipamentos utilizados nesta pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

- AXTMANN, E.V., CAIN, D.J., LUOMA, S.N. Effect of tributary inflows on the distribution of trace metals in fine-grained bed sediments and benthic insects of the Clark Fork river, Montana. *Environ. Sci. Technol.* 31, 1997, pp. 750–758.
- BEST, J. L.; ROY, A. G. Mixing-layer distortion at the confluence channels of different depth, *Nature* 350, 1991, PP. 411 – 413.
- BIRON, P., BEST, J.L., ROY, A.G. Effects of bed discordance on flow dynamics at open channel confluences. *J. Hydraulic Eng. ASCE* 122, 1996a, pp. 676 – 682.
- BIRON, P., ROY, A.G., BEST, J.L. Turbulent flow structure at concordant and discordant open-channel confluences. *Exp.Fluids* 21, 1996b, pp. 437 – 446.
- BORGES, C.Z. Erosão marginal no rio Paraná após a conclusão do reservatório da UHE Engenheiro Sergio Motta (Porto Primavera) a jusante da barragem. Dissertação de mestrado em geografia, Universidade Estadual de Maringá, 50 p.
- CRISPIM, J. Q., 2001. Alterações na hidrologia do canal após a construção do reservatório a montante: O caso da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta (Represa de Porto Primavera) rio Paraná. Dissertação de mestrado. Universidade 68 p.
- DESTEFANI, E.V. Regime hidrológico do rio Ivaí. Dissertação (Programa de Pós-graduação Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2005. Estadual de Maringá – Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos e Continentais. 22 p.
- FORTES, E., STEVAUX, J.C. & VOLKMER, S. Neotectonics and channel evolution of the lower Ivinhema River: A right-bank tributary of the upper Paraná River, Brazil. *Geomorphology* 70, 2005, pp. 325-338.
- GAUDET, J. M.; ROY, A. G. Effect of bed morphology on flow mixing length at river confluences, *Nature* 373, 1995, pp. 138 – 139.

- MARTINS, D. P. Dinâmica das Formas de Leito e Transporte de Carga de Fundo no Alto Rio Paraná. Dissertação (Programa de Pós-graduação Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2004.
- ORFEO, O., STEVAUX, J. C., 2002. Hydraulic and morphological characteristics of middle and upper reaches of the Paraná River (Argentina and Brazil). *Geomorphology* 44:309-322.
- RHOADS, B. L. E KENWORTHY, S. T. Flow Structure at an Asymmetrical Stream Confluence, *Geomorphology* 11, 1995, pp. 273 – 293.
- SOUZA FILHO, E. E. de. Aspectos da Geologia e Estratigrafia do Rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaira (PR). Tese de Doutorado. Instituto de Geociências – USP, São Paulo, 1993.
- STEVAUX, J. C. O Rio Paraná: Geomorfogênese, Sedimentação e Evolução Quaternária no seu Curso Superior (Região de Porto Rico – PR), Tese de Doutorado, Instituto de Geociências – USP, São Paulo, 1993.