

Hidrodinâmica Sedimentar e Morfologia de Barras Fluviais: Caso Barra da Ilha Santa Rosa  
(Alto Rio Paraná).  
Santos, V. C.<sup>1</sup> e Stevaux, J. C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho” – Programa de Pós-graduação em  
Geociências e Meio Ambiente

<sup>2</sup>Universidade Guarulhos – Programa de pós-graduação em Análise Geoambiental e  
Universidade Estadual de Maringá  
vcsgeo@yahoo.com.br e jcstevaux@uem.br

**Abstract**

The Parana River is an alluvial anastomosed river with a sandy bottom, dominated by sub-aqueous dunes and sand waves. These forms rise in surface of water at average and low hydrometric levels, forming sand bars of different morphology and position. These bars are large (more than 100m long) and their morphology change over the time, in some cases being totally removed. This study described the behaviour of the Santa Rosa Island sand bar, in Parana River, face to the hydrological and sedimentological variations observed during a hydrological cycle, comparing the results with similar studies. During the field work period (06/09/2005 a 25/01/2007), the variation of the mean daily discharge was described using the data from Porto São José gauging station. In addition to these data, the discharge, the flow velocity and the flow structure were recorded near the sand bar, using an ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Bathymetric maps were surveyed and bottom sediment were sampled. Santa Rosa Island sand bar is a deposit formed by successive layers of bottom sediments. These deposits are re-worked mainly during the flood periods. The evolutive dynamics of these sand bars are relatively very fast, but it can be interrupted by the erosion processes resulting from flow changes. In the other hand, the sand bar changes the flow dynamics in its surrounding area, promoting the velocity reduction, changes in flow direction and alteration of the erosional, transport and depositional processes. Through this research, we concluded that the studied sand bar is closely related to the flow fluctuations of the Parana River: under higher discharges the sand bar is intensely re-worked; under low discharges the sand bar preserves partially its morphology.

**Keywords:** Paraná River, fluvial bars, hydrosedimentology and morphology

**Resumo**

O Paraná é um rio aluvial com fundo essencialmente arenoso e dominado por dunas sub-aquosas e ondas de areia. Em níveis hidrométricos médio e baixo essas formas afloram em superfície formando barras arenosas de posição e morfologia variadas. No geral, estas barras apresentam grande porte e sua morfologia muda rapidamente ao longo do tempo, podendo, em alguns casos, serem rapidamente removidas pelo fluxo. Este estudo descreveu o comportamento da barra arenosa da ilha Santa Rosa frente às variações dos parâmetros hidrológicos e sedimentológicos ao longo de um ciclo hidrológico, comparando as informações obtidas com outros estudos similares. Ao longo do período de amostragem (06/09/2005 a 25/01/2007), o comportamento da vazão média diária foi descrito com base nos dados fornecidos pela estação fluviométrica Porto São José. Além destes dados, a vazão, a velocidade e a direção de fluxo foram levantados próximo da barra utilizando um ADCP (Perfilador Acústico de Efeito Doppler). Foram realizados também levantamentos batimétricos e o monitoramento da textura do material de fundo. Os resultados revelaram que a barra arenosa da ilha Santa Rosa é um depósito formado pela sucessiva sobreposição dos sedimentos de fundo, sendo estes depósitos retrabalhados principalmente durante os períodos de cheia. A dinâmica evolutiva da barra é relativamente rápida, mas pode ser interrompida por processos erosivos condicionados por alterações do fluxo. Por outro lado, a barra também modifica as condições de fluxo no seu entorno, provocando

redução da velocidade, mudança na direção da corrente e alteração dos processos de erosão, transporte e deposição. Através desta pesquisa, concluiu-se que a dinâmica da barra estudada está diretamente ligada às flutuações da vazão do rio Paraná: sob uma descarga elevada à barra sofre maior retrabalhamento e com um nível de descarga baixo a barra preserva parcialmente a sua morfologia.

**Palavras-Chave:** Rio Paraná, barras fluviais, hidrossedimentologia e morfologia.

## 1. Introdução

O rio Paraná, principal canal da bacia do Prata, drena uma área 3,1 milhões de km<sup>2</sup>, dos quais 45,6% estão em território brasileiro. Percorrendo 4.000 km, desde a confluência dos rios Paranaíba e Grande, até a sua foz no estuário do rio da Prata, na Argentina, o rio Paraná apresenta uma descarga média anual de 17.000 m<sup>3</sup>/s e uma carga sedimentar de 150.000.000 toneladas/ano (ORFEO & STEVAUX, 2002). Em seu trecho superior, o rio Paraná é artificialmente controlado por uma série de reservatórios, distribuídos ao longo de seu canal principal e nos principais tributários. Atualmente, o trecho compreendido entre a Barragem de Porto Primavera e o remanso do lago de Itaipu representa os últimos 255 km em território brasileiro onde o rio Paraná corre em seu canal natural, com o desenvolvimento de uma extensa planície de inundação preferencialmente na margem direita. Ao longo deste trecho não represado, o canal fluvial apresenta uma série de ilhas e barras, formadas pela progressiva acumulação de sedimentos.

Existem vários critérios para diferenciar barras de ilhas, sendo o mais difundido na literatura a adoção do nível de margens plenas como limite para diferenciação entre elas. As ilhas são feições que estão acima do nível de margens plenas, enquanto que as barras são depósitos cuja altura é inferior ao referido nível, independente de suas características morfológicas ou tipo de vegetação (BRIDGE, 2002). A presença das barras aumenta rugosidade hidráulica no trecho, divide o fluxo induzindo o entrelaçamento, além de ter uma importância ecológica como habitat de vegetação pioneira e de permanência de aves, répteis e mamíferos (AGOSTINHO *et. al.*, 1999). A migração ativa das barras é um componente importante do transporte de sedimentos (WHIPPLE, 2004).

As barras fluviais do alto Rio Paraná já foram estudadas quanto a sua gênese, faciologia e morfologia por SANTOS (1991), SANTOS *et. al.* (1992), STEVAUX, (1993) e CORREA (2003). De acordo com estes trabalhos, estas barras são divididas em dois tipos principais: as barras centrais ligadas a deposição a partir de ondas de areia (sand waves)

geradas durante grandes cheias e barras laterais, formas arenosas alongadas que se desenvolvem ao longo das margens do canal ou das ilhas. As primeiras são relativamente efêmeras e podem desaparecer totalmente após um ou dois períodos de cheia. As barras laterais são mais perenes e, em sua maioria, evoluem anexando-se às margens e ilhas. O presente trabalho teve como objetivo analisar e descrever o comportamento da barra central da Ilha Santa Rosa (Figura 1) frente às variações dos parâmetros hidrológicos e sedimentológicos ao longo de um ciclo de cheia-vazante, a fim de que estas informações possam ser comparadas com outros estudos similares. O estudo ganha maior importância uma vez que o fechamento da represa de Porto Primavera (1999) induziu uma série de alterações no sistema, principalmente na dinâmica hidrossedimentar. Assim, considerando a rápida resposta da dinâmica das barras fluviais, estas podem servir como importantes indicadores das possíveis mudanças que este sistema fluvial em decorrência da instalação da usina hidrelétrica a montante.

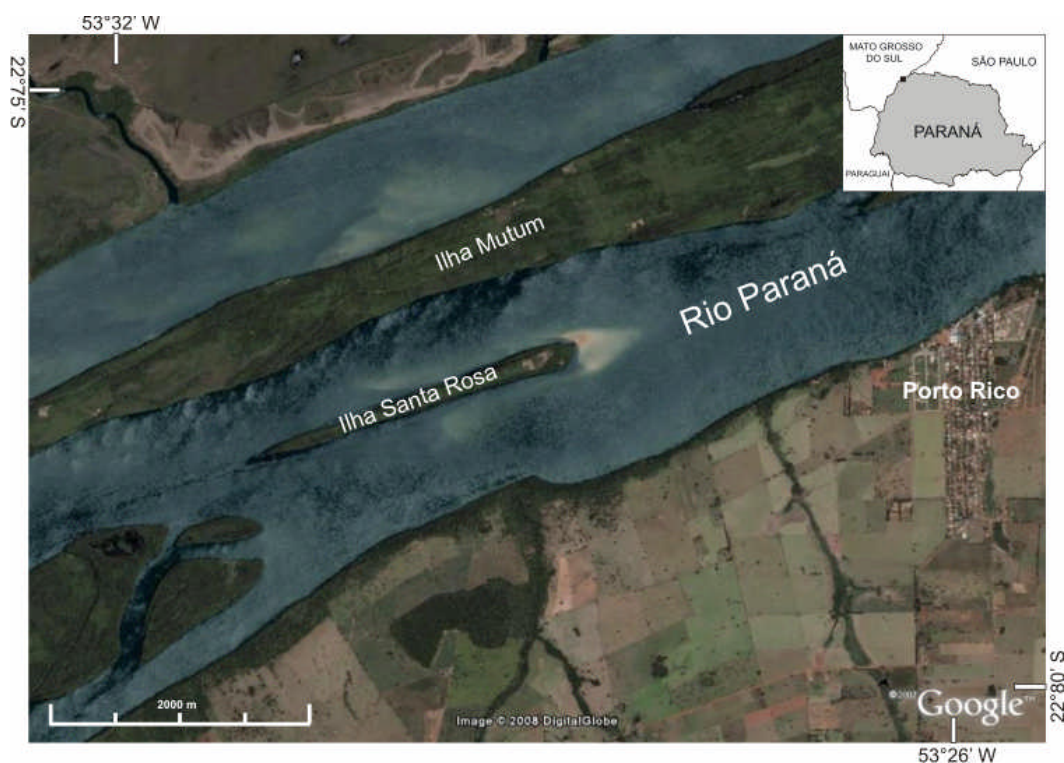


Figura 1: Localização da área de estudo. Fonte: Google Earth® (2008).

## 2. Materiais e métodos

Os dados obtidos foram coletados nos períodos de vazante (06/09/2005) e de cheia (25/01/2007). Durante estas campanhas o nível do rio Paraná medido na régua da estação fluviométrica de Porto São José (16 km a montante da barra) foi de 236m e 632m, correspondendo a vazão de 6.050 m<sup>3</sup>/s e 17.730 m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

O levantamento batimétrico foi realizado com Ecossonda/GPS *Furuno* GP 1650-F, ligada a um computador portátil sendo os dados processados pelo programa *Fugawi3* conforme o método descrito por (MEURER, 2003; MARTINS, 2004) para finalmente serem produzidos mapas batimétricos pelo programa *Surfer 8.0*.

Os de fluxo (vazão instantânea, velocidade e direção) foram determinados através do profilador acústico de efeito Doppler – ADCP (RD Instruments, modelo Rio Grande 600 kHz).

Amostras do material do fundo foram coletados por meio da draga Van Veen em 17 pontos, sendo posteriormente processadas análise granulométrica por peneiramento (SUGUIO, 1973).

### 3. Resultados e discussões

A vazão média da série histórica da estação de Porto São José (1964 a 2007) é de 8.797 m<sup>3</sup>/s, com a maior cheia registrada de 33.740 m<sup>3</sup>/s (18/02/1983). A vazão de cobertura das barras (vazão de margens plenas) é de 17.292 m<sup>3</sup>/s. No período de estudo entre 1/9/2005 e 1/9/2007 foi registrado um aumento das vazões mínimas e uma diminuição das vazões médias. Observou-se também a ocorrência de três picos de cheia: o primeiro de dezembro de 2005 a janeiro de 2006; o segundo, mais longo, entre março e maio de 2006; e o terceiro pico entre os meses de janeiro a março de 2007, sendo que este último alcançando o nível de margens plenas (Figura 2).

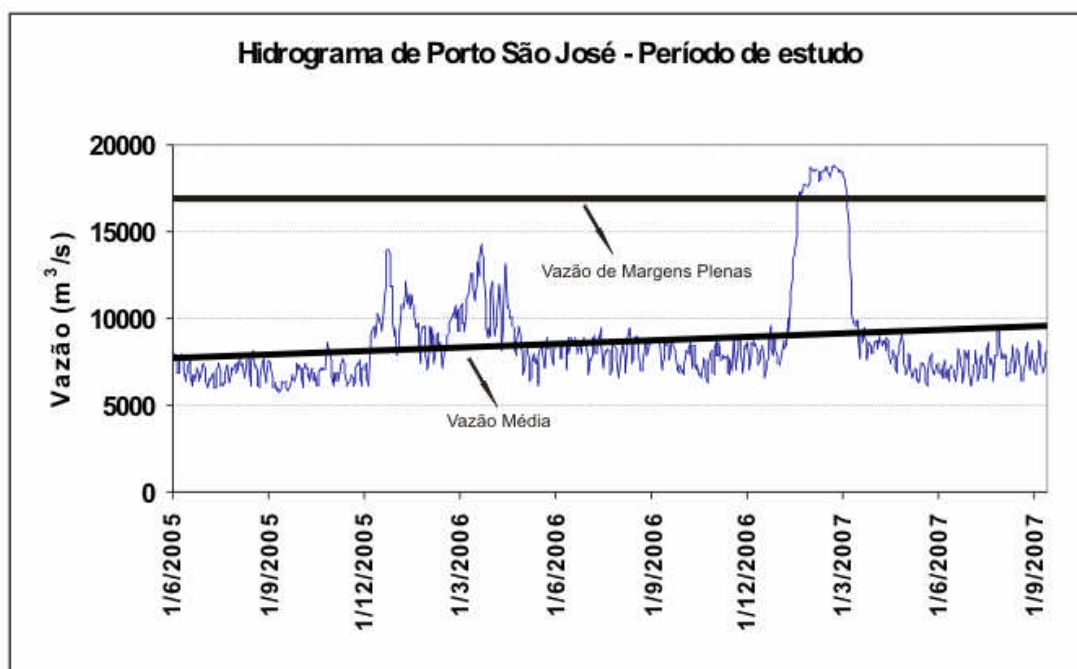


Figura 2: Regime de vazão durante o período de estudo (Estação Porto S. José).

Os mapas batimétricos elaborados mostram que a barra se desenvolve para jusante, tanto a montante quanto lateralmente com a profundidade aumentando lentamente nestes locais. O processo acumulativo dá-se por superposição de ondas de areia com varias dimensões.

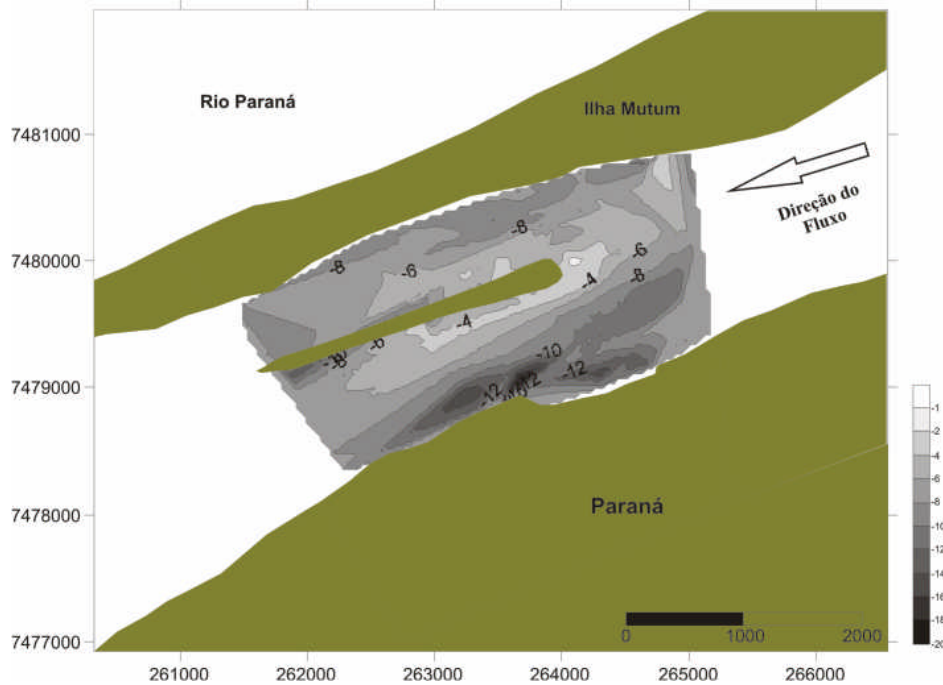


Figura 3: Mapa batimétrico período de cheia. Vazão = 17.730 m<sup>3</sup>/s (25/01/2007)

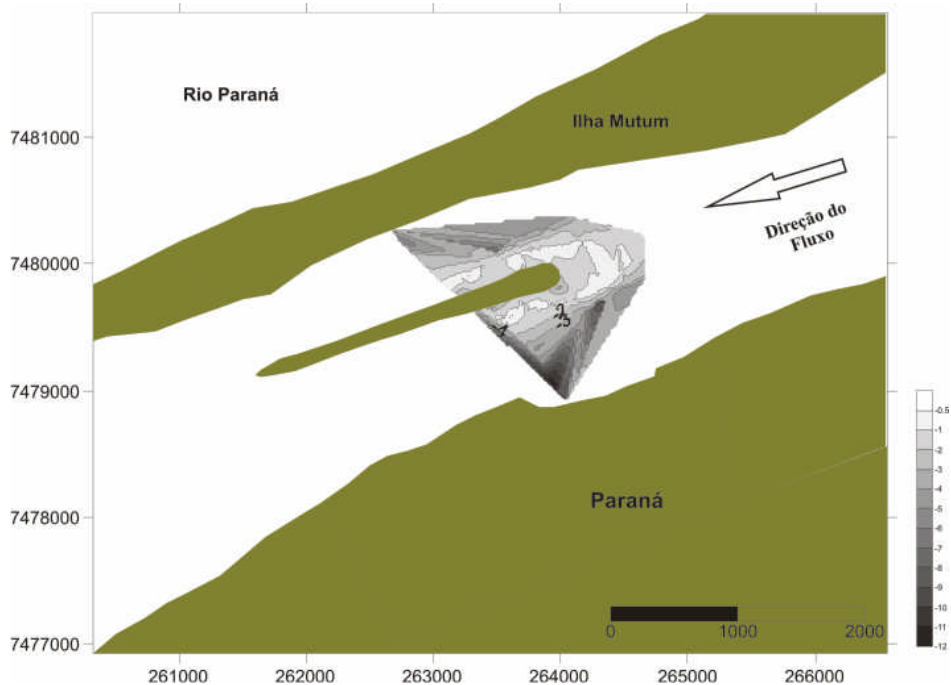


Figura 4: Mapa batimétrico período de vazante. Vazão = 6.050 m<sup>3</sup>/s (06/09/2005)

A variação do nível fluviométrico possibilita a formação de depósitos com contribuição de carga fundo por acréscimo lateral. A barra central, devido a sua posição espacial em períodos de nível fluvimétrico mais alto, sofre uma migração intensa, podendo se deslocar para jusante centenas de metros (Figura 3). Em períodos de nível mais baixos os processos erosivos vão retrabalhar esta forma (figura 4).

A vazão do rio Paraná medida instantaneamente pelo ADCP na zona da barra no período da vazante variou entre 2.215 m<sup>3</sup>/s (canal secundário) a 6.279 m<sup>3</sup>/s (canal principal), para uma velocidade média de 0,74 m/s, com direção azimutal 258.30° (direção principal do canal do rio Paraná) (figura 5). Já no período de cheia os valores de vazão variaram de 4028 m<sup>3</sup>/s (canal secundário) a 12.678m<sup>3</sup>/s (canal principal), para uma velocidade média de 0,90 m/s com direção azimutal 271.55° (figura 6). As diferenças entre as vazões do canal secundário e principal estão relacionadas ao tamanho do perfil transversal, pois o canal secundário é mais estreito que o canal principal. Os resultados do estudo indicam que em períodos de cheia existe uma maior capacidade e competência do fluxo para o trabalho de erosão e transporte.

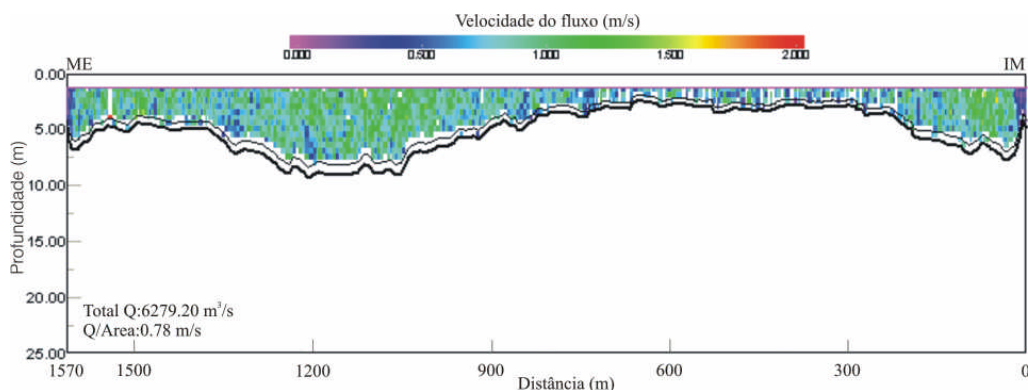


Figura 5: Perfil de velocidade instantâneo a montante da barra – Período de Vazante

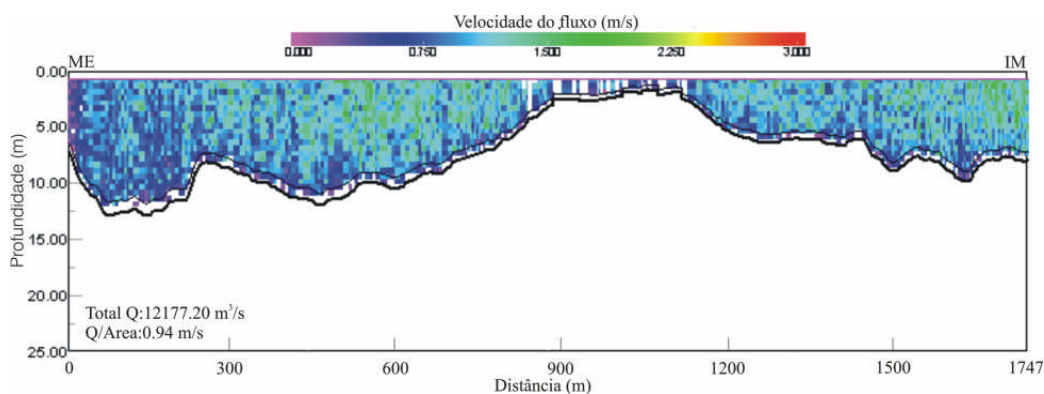


Figura 6: Perfil de velocidade instantâneo a montante da barra – Período de Cheia

Os sedimentos de fundo variaram, durante o estudo entre areia fina a média, com um grau de seleção moderado. No período de vazante houve o predomínio de granulometria média e fina, enquanto que no período de cheia houve o predomínio areia média, mas com acréscimo de outras classes de tamanho, que variaram em função da profundidade de coleta. Areias mais grossa e fundos rochosos foram encontrados em locais mais profundos, como por exemplo, no talvegue, e areias finas foram encontradas em locais rasos (próximos à barra).

Baseando-se no trabalho de Southard & Boquchwal (1973) apud Suguio & Bigarrela (1990) (figura 7), que relacionam o  $D_{50}$  com a velocidade de fluxo e com as formas de fundo, foram encontradas na área de estudo as seguintes formas: micro-ondulações, dunas e estratos planos superiores. Isto pode significar que, para uma mesma faixa granulométrica, as formas de leito podem ser diferentes, e que os maiores valores de velocidades de fluxo são capazes de esculturar formas de maior porte (Figura 8).

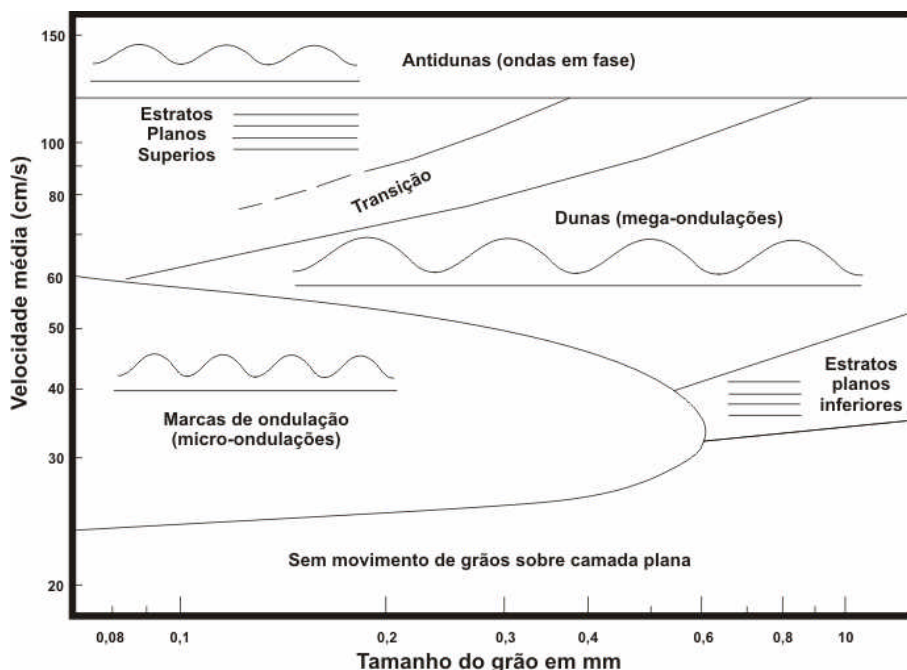


Figura 7: representação esquemática das relações entre formas de leito com o tamanho do grão e a velocidade média de fluxo (SUGUIO & BIGARELLA, 1990)

Martins (2004) estudou o comportamento das formas de leito ao longo da seção de Porto São José comprovando que as dunas são as formas predominantes no canal do rio Paraná. Sua forma apresenta regularidade, se mantendo na maioria das vezes através do seu deslocamento para jusante.

Segundo Stevaux (1993) a origem das barras no rio Paraná se dá a partir de grandes ondas de areia (dunas) no canal principal, e de grandes dunas subaquosas nos canais secundários no período de cheias. Durante as cheias seguintes o topo das barras sofre

retrabalhamento pela migração de ondulações e ou mega ondulações. De acordo com a migração anual do talvegue, as barras vão sendo modificadas lateralmente por processos deposicionais e erosivos.

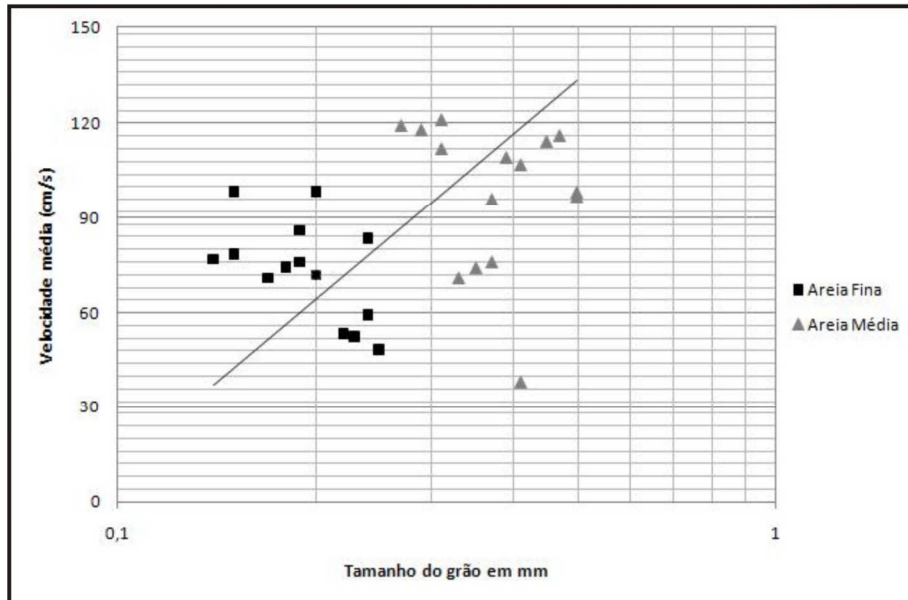


Figura 8: Relação velocidade média e tamanho do grão.

A altura das formas de fundo está diretamente ligada à profundidade média do fluxo. Comparando a profundidade com a velocidade de fluxo constatou-se que a partir de 4m de profundidade há um predomínio das mega-ondulações (dunas), com a diminuição da profundidade surgem às ondulações (figura 9)

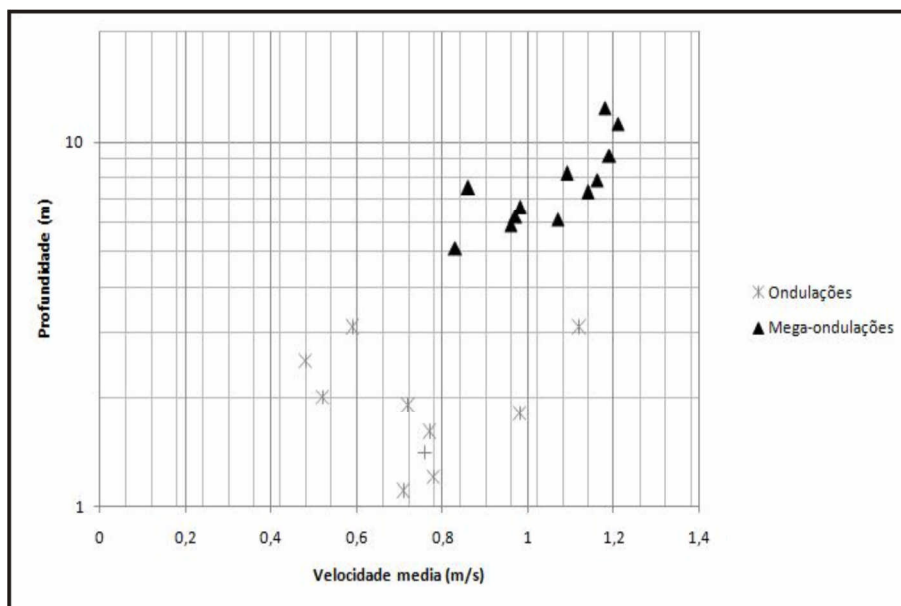


Figura 9: Relação velocidade média e tamanho do grão.



De maneira geral, as formas fluviais do rio Paraná apresentaram uma homogeneidade textural, como já mencionado em outros trabalhos, com predomínio de ondulações e mega-ondulações, distribuídos conforme a relação altura/profundidade.

#### **4. Considerações finais**

O regime de vazões de um rio, a carga e a composição dos sedimentos, as formas fluviais são fatores que exercem controle sobre os habitats e as espécies. É uma função não apenas da descarga da corrente principal, mas também do fluxo natural mínimo e máximo, a manutenção da integridade dos ecossistemas. Fatores tais como a duração das cheias e das secas e sua sazonalidade são críticos para a existência de um equilíbrio ecológico.

A análise das informações das velocidades e vazões obtidas durante o ciclo hidrológico indica que a barra influencia algumas características do fluxo no seu entorno. Esta influência é verificada em razão da redução da profundidade.

Apesar dos processos evolutivos na barra serem relativamente rápidos, sabe-se que eles são eventualmente interrompidos por processos erosivos, condicionados pela alteração na direção das principais linhas de fluxo do rio.

O mecanismo de deposição e desenvolvimento da barra da ilha Santa Rosa se dá através da contínua agradação, sobreposição e migração de grandes dunas no rio Paraná, retrabalhadas principalmente durante os períodos de cheia.

Este estudo permite concluir que a dinâmica da barra estudada está diretamente vinculada às flutuações da vazão do rio Paraná. Sob uma descarga elevada a barra sofre maior retrabalhamento, já um nível de descarga baixo a barra preserva parcialmente a sua forma. Com a regulação do fluxo e a retenção de sedimentos pelas barragens, esta dinâmica vem sofrendo alterações, que poderão ser monitoradas com o passar do tempo.

#### **5. Referências**

Agostinho, A. A. & Júlio, JR. H. F. (1999) Peixes da bacia do Alto rio Paraná. In: Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais (R. H. Lowe-McConnell). Edusp, São Paulo, p 374-400.

Ashworth, P. J.; Best, J. L.; Roden, J. E.; Bristow, C. S.; Klaassen, G. J. (2000) Morphological evolution and dynamics of a large, sand braid-bar, Jamuna River, Bangladesh. *Sedimentology*, 47:533-555.

Bridge, J. S. (2002) Rivers and floodplains: forms, processes, and sedimentary record. USA, Blackwell Publishers, 491p.

Correa, G. T., 2003. Arquipélago Floresta Japonesa. Tese (Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais), Universidade Estadual de Maringá, Maringá (Paraná), 70p.

Martins, D. P. (2004). Dinâmica das Formas de Leito e Transporte de Carga de Fundo no Alto Rio Paraná, Maringá, Dissertação (Pós-graduação em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá.

Meurer, M., 2003. Mapeamento Batimétrico de Reservatórios de Geração de Energia Elétrica, In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 10.,2003, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: UERJ, 2003, 10 p.

Orfeo, O. & Stevaux, J.C. (2002) Hydraulic and morphological characteristics of the middle and upper reaches of the Paraná River (Argentina and Brazil). *Geomorphology*. 44(3-4):309-322.

Rocha, P.C. (2002) Dinâmica dos canais no sistema Rio-Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-Pr. Tese (Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) Universidade Estadual de Maringá, Maringá (Paraná), 171p.

Santos, M. L., 1991. Faciologia e evolução de barras de canal do rio Paraná na região de Porto Rico-PR. Rio Claro-SP. Dissertação. (Pós-graduação em Geociências). IGCE/UNESP.

Santos, M. L. dos.; Fernandez, O. V. Q.; Stevaux, J. C. (1992) Aspectos Morfométricos das Barras de Canal no Rio Paraná, trecho de Porto Rico. *Boletim de Geografia de Maringá*. 1:11 – 24.

Sarma, J.N. 2005. Fluvial processes and morphology of the Brahmaputra River in Assam, Índia. *Geomorphology*. 70: 226-256.

Stevaux, J. C. 1993. O rio Paraná: geomorfogênese, sedimentação, e evolução quaternária do seu curso superior (região de Porto Rico, PR). Tese (Pós-graduação Instituto de Geociências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 242p.

Suguio, K. (1973) *Introdução e sedimentologia*. Editora Edgard Blücher. 317p.

Suguio, K., & Bigarella, J.J., 1990. *Ambientes Fluviais*. Universidade Federal de Santa Catarina, 2ª ed. Florianópolis, SC.

Whipple, K. (2004) *Surface Processes and Landscape Evolution*. Fall. 12.163/12.463