

# Característica e Dinâmica das Formas de Leito do Rio Paraná: Considerações Sobre a Barragem de Porto Primavera, a Extração de Areia do Canal e a Implantação da Hidrovia do Rio Paraná

STEVAUX, José C.; SOUZA FILHO, Edvard E.; MARTINS, Débora P.

Universidade Estadual de Maringá, Depto. Geografia, 87020-900, Maringá, PR

[jstevaux@uem.br](mailto:jstevaux@uem.br); [edvardmarilia@wnet.com.br](mailto:edvardmarilia@wnet.com.br) e [deby.martins@zipmail.com.br](mailto:deby.martins@zipmail.com.br)

## RESUMO

*Esse tópico traz a fundamentação teórica de estudos que estão sendo implantados no rio Paraná e que visam avaliar as possíveis alterações na carga de fundo do rio Paraná, a jusante de Porto Primavera, resultantes de ações antropogênicas como a formação de barragens, a mineração e a navegação.*

**Palavras chaves:** rio Paraná, impactos de reservatório, mineração, navegação

## INTRODUÇÃO

O conhecimento das características e da dinâmica das formas de leito (carga de fundo) dos rios é de grande interesse não apenas no estudo da geomorfologia e da hidráulica fluvial, mas também em vários problemas concernentes às ciências ambientais. Extração de areia para construção de construção, dragagem para implantação e conservação de hidrovias, assoreamento de barragens, implantação de praias artificiais e portos são algumas das atividades frequentes em rios de médio a grande porte que dependem diretamente desse conhecimento. A carga de fundo de um sistema fluvial tem relação direta com geometria hidráulica do canal e quaisquer alterações envolvendo essa variável pode acarretar no desequilíbrio do perfil longitudinal do rio (Leopold, *et al.*, 1964).

Esse fato pode ser observado atualmente no rio Paraná, no trecho a jusante da represa de Porto Primavera, onde o impedimento da mobilização da carga de fundo pela barragem proporcionou alterações imediatas na dinâmica erosivo-sedimentar do canal. Essas alterações foram de tal ordem que, mesmo sem estudos mais detalhados, podem-se observar fenômenos como o abandono do porto de Primavera pelo acúmulo rápido e intenso de uma barra lateral na margem esquerda, impedindo o atracamento das balsas e a erosão ativa de barras arenosas e ilhas situadas a algumas centenas de metros a montante desse porto. Outras atividades também contribuem em maior ou menor escala para alterar a dinâmica das formas de leito e as características da carga de fundo de um rio. A extração de areia de construção seja talvez uma das mais impactantes atividades desenvolvidas no canal depois da barragem. Agindo diretamente no leito do rio, a extração de areia causa destruição do “habitat” dos organismos bênticos e produz uma alteração na dinâmica e no suprimento da carga de fundo.

## PRINCÍPIO DO MÉTODO:

*A quantificação da carga de fundo (Equação de Stuckrath, 1969):* Durante os anos de 1986 a 1989, a Itaipu Binacional desenvolveu um projeto sistemático de avaliação da carga transportada pelo rio Paraná e seus principais afluentes a montante do reservatório de Itaipu até

a foz do rio Paranapanema (Itaipu Binacional, 1990). Contudo estes trabalhos quantificaram apenas a carga suspensa, sendo a carga de fundo inferida indiretamente assumindo a relação:

$$C_f = 0,2 C_s$$

onde  $C_f$  é a carga de fundo e  $C_s$  a carga suspensa).

A quantificação da carga de fundo constitui ainda uma dificuldade a ser enfrentada. A literatura menciona alguns métodos desenvolvidos na década de 1940, principalmente na Europa, para medição direta da carga de fundo que utilizam armadilhas de captura de sedimento (Einstein, 1944). Esta metodologia, contudo, é desencorajada por muitos pesquisadores (Hubbell, 1964), principalmente nos casos de médios e grandes rios. Uma nova metodologia vem sendo testada por um grupo de pesquisadores da Universidad Nacional del Litoral, Santa Fé, Argentina, Universidade Federa; de Goiás e Universidade Estadual de Maringá (Amsler, 1982; Amsler, e Prendes, 2000; Amsler e Gaudi, 1994) baseia-se nos trabalhos pioneiros de Stuckrath (1969). Num rio de fluxo permanente, bidimensional, aproximadamente uniforme e que percorre o fundo móvel com formas de leito desenvolvidas e em regime de fluxo inferior, a carga sedimentar de fundo ( $C_f$ ), dada em unidade de largura, é determinada pela equação de Stuckrath (1969):

$$C_f = (1 - p) H k u d$$

onde:  $p$ , porosidade da areia ( $\sim 0,4$ );  $H$ , altura média das dunas;  $ud$ , velocidade de deslocamento das dunas;  $k$ , coeficiente de forma das dunas ( $\sim 0,67$  para as dunas naturais)

*Princípio do método:* Em última análise, o cálculo da carga do fundo de um canal é obtido pela determinação do tamanho das dunas (que permitirá o cálculo do volume de material) e a sua velocidade de deslocamento a jusante (Stuckrath, 1969). No trecho de estudo escolhido serão definidos 4 pontos (A, B, C e D) distribuídos ao longo de uma seção transversal no extremo montante do trecho. Estes pontos serão posicionados pelo GPS (de estação dupla) e sinalizados por bóias de navegação. Cada ponto será a origem de uma seção principal ecobatimétrica, a ser obtida com o barco navegando no sentido da corrente. A trajetória do barco seguirá a zona de maior velocidade. Para tanto, serão lançados na corrente, a partir de cada bóia, flutuadores que percorrerão o trecho alinhando-se às linhas de maior velocidade de fluxo. O barco acompanhará o movimento dos flutuadores registrando sua trajetória pelo GPS. Este trabalho será repetido após 20 a 30 dias, nos períodos de águas baixa e médias e de 10 a 20 dias nos períodos de cheias. Dessa forma pretende-se observar o deslocamento das formas de leito. Os valores de profundidade (ecobatímetro) e de coordenada (GPS). Por meio do programa de computação "SURFER" os dados serão convertidos em perfis batimétricos geo-referenciados. O tratamento dos seguirá os seguintes passos:

*Etapa 1 (cada duna separadamente em uma seção):* Cada duna (i) separadamente (seções de apoio). O deslocamento de uma frente " $d_i$ " será dado pela média dos deslocamentos desta mesma frente nas seções de apoio:

$$d_i = d_{A1} + d_A + d_{A2}/3$$

onde  $d_{A1}$ ,  $d_A$  e  $d_{A2}$  é o deslocamento nas seções de apoio e na principal.

A velocidade do deslocamento  $ud_i$  entre duas campanhas sucessivas para uma seqüência de dunas em um perfil é calculada pela equação:

$$ud_i = d_i / \Delta t$$

onde  $d_i$  é o deslocamento de um frente de duna e  $\Delta t$  é tempo entre dois levantamentos sucessivos (20 a 30 ou 10 a 20 dias)

*Etapa 2 (extensão para todas dunas de uma seção):* O cálculo da velocidade média de deslocamento das dunas de uma seção  $ud_p$  é dada pela seguinte equação:

$$ud_p = \sum d_i / n$$

onde,  $n$  é o número de dunas em uma seção.

A altura média das dunas em uma seção, por sua vez, é assim obtida :

$$H_m = H/n$$

onde,  $H_i$  é a altura de cada duna da seção.

O cálculo da carga de fundo para cada seção " $Cf_p$ " será então:

$$Cf = (1 - p) k_f H_m u d_p$$

com valor de  $p$  (porosidade) é de 0,4 e a constante referente a forma da duna varia geralmente entre 0,50 e 0,66. A descarga solida resultante do deslocamento de uma frente de duna pode ser dada da seguinte forma:

$$Cf_p = 0,396 H_m u d_p$$

onde,  $1-p = 0,6$  e  $0,66$  o coeficiente de forma de duna.

*Etapa 3 (integração com as quatro seções A, B, C e D):* A descarga de fundo total, dada em unidade de largura será a média ponderada pela largura de abrangência de cada seção. Este valor advém das informações dadas por uma série de seções transversais ao trecho estudado (ver no próximo em "Levantamento preliminar", no próximo item). Assim,  $Cf$  será obtida pela equação:

$$Cf = \bar{O} Cf_p \times L_p / \bar{O} L_p$$

onde,  $L_p$  é a abrangência de cada seção A, B, C e D (em  $m^2$ /dia por metro linear de seção).

## RESULTADOS ESPERADOS

Pela primeira vez no trecho superior do rio Paraná será experimentado um método de medição da carga de fundo que leve em consideração a grandeza do canal e a variabilidade da intensidade e natureza dos processos de canal. Os métodos convencionais de amostragem por equipamento são muito questionáveis devido a natureza pontual da amostragem. O método aqui proposto vem ao encontro das pesquisas atualmente desenvolvidas no canal e que abrangem: o efeito das variáveis geomorfológicas do canal na comunidade bêntica (Stevaux & Takeda, 2002); e os estudos consenrentes às alterações na hidrologia do canal a jusante do reservatório de Porto Primavera (Crispim, 2001 e Rocha, 2001).

## REFERÊNCIAS

- AMSLER, M. E PRENDES, 2000. Transporte de sedimentos y procesos fluviales asociados. In Paioli, C. e Schreider, M. (eds.), *El Río Paraná en su tramo medio*. Universidad Nacionanl del Litoral, tomo 1:234-306.
- AMSLER, M. E GAUDI, H.E., 1994. La susperposición de dunas y el transporte de la carga de fondo en el río Paraná. *Memórias XV Congresso Nacional del Agua*, La Plata, v. 3: 1-10.
- CRISPIM, J. Q. 2001. Alterações na hidrologia do canal a jusante da represa de Porto Primavera, Rio Paraná. Dissertação de mestrado, UEM/Pos-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Maringá, PR, p.25
- EINSTEIN, H.A., 1944. *Bed-load transportation in Mountain Creek*, U. S. Dept. Agric. Soil Cons. Tech. Publ. 55, 44p.
- HUBBEL, D.W., 1963. *Apparatus and techniques for measuring bed load*. U. S. Geol.Survey Water-Supply Paper 1748.
- ITAIPU BINACIONAL, 1990. *Estudo sobre a carga suspensa na bacia do rio Paraná no período de 1986-1988*. Relatório Interno s/n. 2 vol.
- LEOPOLD, L.B., WOLMAN, M.G. AND MILLER, J.P., 1964. *Fluvial Processes in Geomorphology*. Dover, 522p.
- ROCHA, J.A., 2001. Características geomórficas do canal do rio Paraná nas proximidades da barragem de Porto Primavera. Dissertação de mestrado, UEM/Pos-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Maringá, PR, p.21

STEVAUX, J.C. AND TAKEDA, A.M., 2002, Geomorphological processes related to density and variety of zoobenthic community. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 129:143-158.

STUCKRATH, T., 1969. *Movimento de las ondulaciones del lecho de río Paraná. Mitteilungen das Frazius Institute*. Universität Hannover, v.1:20p. (trad. Espanhol por Ing. M.H. Balderiote).