

HIDRODINÂMICA NO BAIXO CURSO DO RIO SEPOTUBA, AFLUENTE DA MARGEM DIREITA DO RIO PARAGUAI, CÁCERES, MT¹

Celia Alves de Souza²
Juberto Babilonia de Sousa³
José Carlos de Oliveira Soares⁴

INTRODUÇÃO

A quantidade de sedimentos transportados naturalmente por um canal fluvial depende da fonte, da composição do leito e das características hidráulicas e geométricas do canal. (Carvalho, 2008; Scapin, 2005). A dinâmica fluvial compreende remoção, transporte e deposição das partículas envolvidas em toda a rede de drenagem que incide diretamente sobre o equilíbrio de todo o sistema fluvial. Quando acontecem distúrbios no sistema, o canal ajusta-se e reajusta-se até encontrar um novo equilíbrio (Christofoletti, 1981).

Em relação ao comportamento de uma bacia, o transporte de sedimentos varia em grande intensidade desde as partes mais altas até as planícies. Essa variação irá depender da litologia, do tipo de solo, da cobertura vegetal, da velocidade, do regime de chuvas, dentre outros fatores. A maior erosão, de modo geral, ocorre no alto curso da bacia e durante o transporte de sedimentos, que diminuirá gradativamente da alta até a média bacia, conforme as declividades decrescerem (Carvalho, 2008).

O rio Sepotuba e seus afluentes contribuem com aporte de sedimentos para o rio Paraguai e para o pantanal mato-grossense. A origem dos sedimentos está vinculada ao uso da terra e à dinâmica fluvial. Na bacia hidrográfica do rio Sepotuba, são desenvolvidas várias atividades pecuárias, agrícolas (monocultura) e urbanas, as quais deixam as camadas superficiais expostas aos processos erosivos.

O estudo objetivou verificar a hidrodinâmica no baixo curso do rio Sepotuba, afluente da margem direita do rio Paraguai, Cáceres, MT. Considerando o fato de que a bacia hidrográfica do rio Sepotuba contribui com água e sedimentos para o Pantanal

¹ Resultados de projeto financiado pela Faespe – Fundação de Apoio ao Ensino Superior Público Estadual

² Orientadora do Programa de Pós Graduação em Geografia e Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, celialves@unemat.br;

³ Professor do Instituto Federal de Mato Grosso – Campus de Cáceres - IFMT, juberto.sousa@ifmt.edu.br;

⁴ Professor no Curso de Geografia na Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, josecarlosgeografia@gmail.com;

mato-grossense, torna-se necessária uma avaliação do mecanismo de transporte e deposição dos sedimentos.

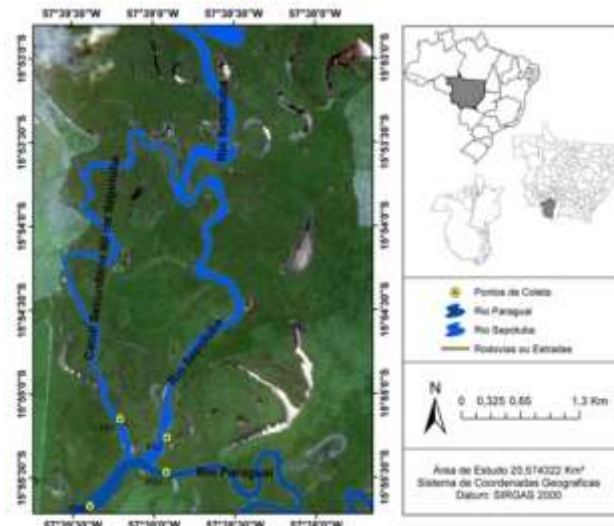
MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo corresponde ao baixo curso do rio Sepotuba, próximo da confluência com rio Paraguai. Localizado entre as coordenadas geográficas de 15°53'00" a 15°55'30" de latitude sul e 57°38'00" a 57°39'30" de longitude oeste, no município de Cáceres, no estado de Mato Grosso, Brasil, com área aproximada de 20.574km² (Figura 1). Foram monitorados quatro pontos (um ponto no rio Sepotuba, um ponto no canal secundário do rio Sepotuba e dois pontos no rio Paraguai a jusante e a montante da foz do rio Sepotuba).

A bacia hidrográfica do rio Sepotuba drena 11.460.00 km². Sua nascente principal encontra-se na Chapada dos Parecis; porém, a maioria das nascentes encontra-se nas bordas da chapada e na depressão do Alto Paraguai. No baixo curso, o rio Sepotuba divaga na planície de inundação.

Figura 1. Localização do baixo da bacia hidrográfica do rio Sepotuba



Procedimentos metodológicos

Para o desenvolvimento da pesquisa, algumas etapas foram necessárias: gabinete, campo e laboratório, sendo selecionadas as seguintes variáveis: (1) precipitação; (2) velocidade do fluxo; (3) descarga mensal; (4) carga suspensa; (5) carga de fundo; (6) concentração de sedimentos em suspensão.

a) Etapa de gabinete

I – Elaboração do mapa de feições morfológicas

Para confecção do mapa de localização e levantamento das feições morfológicas, foi utilizada imagem de satélite, com auxílio das ferramentas do *software* Arcgis 10.2 pela função *Calculate Geometry*. Realizou-se trabalho de campo para confirmar as informações.

II – Determinação da descarga sólida suspensa e vazão

Para obter a vazão, utilizou-se a fórmula: $Q = V \times A$ (Cunha, 2009). Onde: $Q =$ Vazão; $V =$ Velocidade das águas; $A =$ Área.

III – Determinação da descarga sólida suspensa

Os valores de descarga sólida em suspensão (QSS) foram determinados pelo somatório do produto entre a concentração de sedimento suspenso da vertical (CSSi) e a respectiva descarga líquida da vertical (Ql), na forma da expressão abaixo (Carvalho, 2008): $Q_{SS} = \sum (C_{ss1} \cdot Q_{l1}) \cdot 0,0864$

Em que: $Q_{ss} =$ descarga sólida em suspensão (t/dia^{-1}); $C_{ssi} =$ concentração de sedimento em suspensão da vertical (mg/L^{-1}); $Q_{li} =$ descarga líquida da respectiva vertical (m^3/s^{-1}).

b) Etapa de campo

Foram realizados trabalhos de campo para reconhecimento da área, monitoramento batimétrico, medição do fluxo e coleta de amostras de sedimentos de fundo e suspensão em quatro seções (canal secundário, rio Sepotuba e rio Paraguai a montante e a jusante da confluência com rio Sepotuba).

I – Variáveis hidrodinâmicas (batimetria)

Para levantamento da largura e da profundidade do canal, utilizou-se o sonar Garmin GPSMAP 420S. Empregou-se, para levantamento da velocidade do fluxo, o molinete hidrométrico.

II – Coleta de sedimentos de fundo e em suspensão

A carga suspensa foi coletada com um mostrador pontual denominado garrafa de Van Dorn. Quando da coleta dos sedimentos de fundo, foi utilizado o aparelho do tipo Van Veen (mostrador de mandíbulas).

c) Etapa de análise de laboratório

I – Método de pipetagem (dispersão total)

Para fracionamento do material de fundo em argila e silte, utilizou-se o método de pipetagem (dispersão total), conforme indicado pela EMBRAPA (1997).

II - Método de peneiramento

Na determinação do tamanho das partículas de sedimentos de fundo, foi adotado o método de peneiramento (EMBRAPA, 1997).

III - Concentração em sedimentos suspensos

Para verificar a concentração de sedimentos suspenso, foi utilizada a técnica de evaporação de acordo com Carvalho 2008.

REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Christofolletti (1981, p. 98) “a erosão e a sedimentação constituem fenômenos naturais e de grande importância para a manutenção do equilíbrio fluvial”. Segundo Tomazoni *et al.* (2005), os sedimentos que se encontram em suspensão permanecem em constante mobilidade, devido à turbulência, às correntes convectivas da água e à repulsão provocada pelas cargas elétricas existentes na superfície das partículas. Esse processo proporciona o equilíbrio dinâmico entre as partículas, sendo que as menores permanecem em suspensão e as maiores tendem a sedimentarem-se gradativamente.

A descarga sólida total é gerada principalmente pela concentração de sólidos em suspensão, vinculados as características do leito quanto à sua largura, profundidade média, a velocidade da água e vazão, além da extensão da sub-bacia e do uso da terra (Braga *et al.*, 2012).

Carvalho (2008) destaca a importância da hidrossedimentologia em planejamentos e estudos de bacias hidrográficas, bem como o transporte de sedimentos nos cursos d’água e os impactos causados pela ação antrópica nas barras de sedimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Vazão, concentração de sedimentos suspenso e descarga sólida

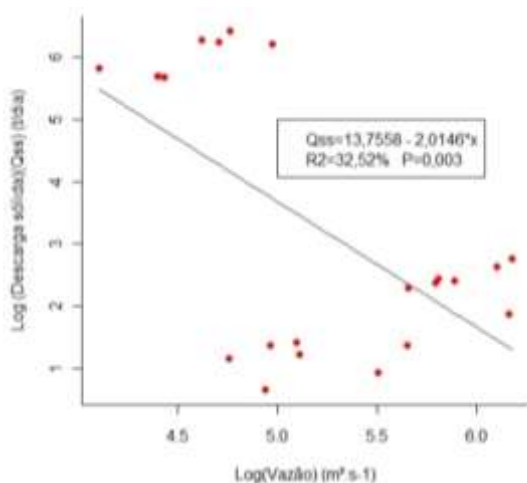
O estudo apresenta as informações relativas à velocidade do fluxo, área da seção, vazão, concentração de sedimentos suspenso e descarga sólida em suspensão das quatro seções medidas (no rio Sepotuba, no rio Paraguai a montante e a jusante da foz do rio Sepotuba e no canal secundário do rio Sepotuba).

As baixas velocidades (fluxo) registradas nas seções estão relacionadas com a própria declividade no leito. No rio Paraguai, ao longo do seu curso, a declividade varia de 7,3 a 1 cm km⁻¹. No rio Sepotuba, as seções encontram-se no baixo curso, com declividade baixa de 4,3 a 1 cm km⁻¹.

Seção1 - No rio Paraguai a montante da foz do rio Sepotuba

Na seção do rio Paraguai, a montante da foz do rio Sepotuba, a vazão no período de cheias variou de 163,36 a 446,74 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ e; no período de estiagem, variou de 81,44 a 144,49 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. A concentração de carga suspensa foi maior no período chuvoso, variando de 100 a 400 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$; período de estiagem, ficou entre 40 a 64 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. No mês de outubro, contudo, a concentração foi elevada, atingindo 320 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, estando associada ao escoamento superficial das primeiras chuvas. A descarga sólida atingiu 13.895 T/dia em fevereiro. Quanto aos sedimentos de fundo, predominou areia média em todos os meses (Figura 2).

Figura 02 - Análise estatística da descarga sólida do Rio Paraguai



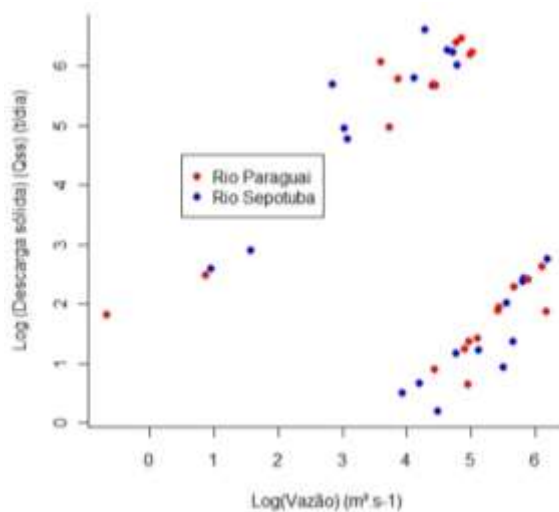
O estudo realizado por Leandro *et al* (2014) mostrou a predominância de areia na composição granulométrica dos sedimentos de fundo no rio Paraguai, entre a foz do rio Cabaçal e a cidade de Cáceres.

O material transportado é proveniente da própria dinâmica fluvial, da erosão de margem e fundo. Também estão vinculados aos processos erosivos que acontecem na bacia, os sedimentos são carregados para o leito através do escoamento superficial.

Os valores obtidos com aplicação da fórmula nos dados de descarga sólida e vazão do rio Paraguai, a curva chave mostra o efeito da vazão, quanto maior a vazão no Rio Paraguai menor a descarga sólida ($p=0,003$) (figura 2).

No gráfico da descarga sólida dos dois rios (Paraguai e Sepotuba) juntos, não apresenta uma curva chave significativa. A descarga sólida do Rio Sepotuba não é determinada pela vazão ($p=0,8$) (Figura 3).

Figura 03. Análise estatística da descarga sólida do Rio Paraguai e do rio Sepotuba



Seção 2- No rio Paraguai a jusante da foz do rio Sepotuba

Ao longo do ano, na seção do rio Paraguai, a jusante da foz do rio Sepotuba, houve diferenças significantes na vazão, na concentração dos sólidos suspensos e na descarga sólida, influenciada pelo volume de precipitação.

A vazão variou de 166,01 a 480,84 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no período chuvoso (novembro a abril) e entre 81,68 a 245,32 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no período de seca (maio a outubro). Na concentração dos sólidos suspensos, verifica-se certa diferença nos valores: no período chuvoso, variou 160 a 400 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$; no período de estiagem, manteve-se entre 42 a 160 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$; porém, em outubro, extrapolou para 320 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Os valores de descarga sólida foram maiores no período chuvoso, variando entre 3.399 e 15.787 t/dia. No período de estiagem, ocorre a diminuição da carga sólida, variando entre 296,40 a 3.956 t/dia. Nos sedimentos de fundo, na maioria dos meses, predominou a ocorrência de areia média; em janeiro houve equivalência na quantidade de areia média e fina. No mês de novembro, houve maior proporção de silte. Estudo realizado no rio Paraguai por Souza *et al.* (2015) próximo a foz do Sepotuba mostra que a velocidade do fluxo foi de 0.74 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, tendo vazão de 536.48 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e a descarga sólida de 6 489.26 t/dia.

Comparando a descarga sólida do rio Paraguai nas seções a montante e jusante da foz do rio Sepotuba, verifica-se que houve aumento na descarga sólida na maioria dos meses, exceto no mês de novembro. Pode-se inferir que o aumento da descarga sólida na seção do rio Paraguai a jusante está relacionado ao aporte de sedimentos do rio Sepotuba.

Seção 3 - No rio Sepotuba

Na seção do rio Sepotuba, no período chuvoso, a vazão variou de 256,21 a 71,67 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$; no período de estiagem, variou de 21,70 a 126,10 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$. Ao analisar a vazão no baixo curso do rio Sepotuba, alguns condicionantes devem ser considerados, tais como: a baixa declividade ao longo do perfil longitudinal; o transbordamento do rio Sepotuba, que espalha parte do fluxo para planície de inundação, abastecendo baías e lagoas e; as barras de sedimentos que forma barreiras, diminuindo a velocidade do fluxo.

A concentração de sedimentos suspensos variou de 120 a 360 mg.l^{-1} no período chuvoso e 40 a 160 mg.l^{-1} no período de estiagem. Quanto à descarga sólida do rio Sepotuba, atingiu 7.526 t/dia no período de chuvoso. Nos sedimentos de fundo, foram registradas maiores proporções de areia média e fina.

Na seção do rio Sepotuba verificou-se que a descarga sólida anual atingiu 30.453 t/ano, com média mensal de 2.537 t/mês. No canal secundário do Sepotuba, a descarga sólida foi de 7.542,82 t/ano, com média mensal de 628,57 t/mês. Podemos inferir que a bacia do Sepotuba contribui com 37.995,82 t/ano para o rio Paraguai e, conseqüentemente, para o pantanal mato-grossense. A alta produção de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Sepotuba pode estar relacionada ao uso do solo, à composição granulométrica do material de origem e à erosão fluvial.

Seção 4 - No canal secundário do rio Sepotuba

O canal secundário do rio Sepotuba refere-se ao antigo leito que sofreu processo de sedimentação, diminuindo, assim, sua capacidade de transporte de sedimentos acumulados no canal e na planície.

Nessa seção, a vazão variou entre 17,15 a 83,95 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ no período chuvoso e 0,51 a 36,38 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ no período de estiagem. A concentração de sedimentos suspensos variou de 380 a 100 mg.l^{-1} no período chuvoso e de 44 a 140 mg.l^{-1} no período de estiagem. A descarga sólida no período chuvoso variou de 301 a 2.466 t/dia; na estiagem, variou entre 6,16 a 140 t/dia. A descarga sólida no período chuvoso variou de 301 a 2.466 t/dia; na estiagem, variou entre 6,16 a 140 t/dia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar os dados das três seções transversais, foi possível verificar que as vazões, as concentrações dos sedimentos suspensos e a descargas sólidas que variaram ao longo do ano, estando relacionadas diretamente com a precipitação e ao uso do solo.

O estudo apresenta a contribuição de carga suspensa e vazão do rio Sepotuba para o rio Paraguai.

As concentrações de sedimentos em suspensos e a descargas sólidas nas quatro seções foram maiores no período chuvoso, resultante do escoamento superficial, da erosão fluvial (margens e fundo), da remobilização do material de fundo e da maior intensidade das correntes. Nas últimas décadas o rio Sepotuba sofreu um processo intenso de sedimentação, vinculado principalmente ao uso do solo nas cabeceiras de drenagem (planalto), o rio Sepotuba é o principal contribuinte da margem direita do rio Paraguai, o aumento do aporte de sedimentos contribuem para assoreamento do rio Paraguai e do Pantanal mato-grossense. Além da perda da biodiversidade regional e problemas socioeconômicos com dificuldade de navegação no período de estiagem.

Palavras-chave: rio Sepotuba; concentração de sedimentos; vazão

REFERÊNCIAS

- BRAGA, C. de C., ROCHA, I. R. da; CABRAL, J. B. P.; BARCELOS, A. A. Análise da descarga sólida em suspensão dos afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, GO. **Revista Geonorte**, edição especial, v.3, n.4, p. 495-505. 2012.
- CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática**: Interciência. 2. ed., rev., atual. e ampliada. Rio de Janeiro. 2008.
- CARVALHO, T. M. Técnicas de medição de vazão por métodos convencionais e não convencionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.1 n.1 p. 73-84. 2008.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher. 1981.
- CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (orgs.) **Geomorfologia Atualização de Bases e Conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 211-252. 2009.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Segunda versão do sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa. Produção de informações/Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1997.
- SCAPIN, J. **Caracterização do transporte de sedimentos em um pequeno rio urbano na cidade de Santa Maria – RS**. 2005. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Centro de Tecnologia. UFSM, Santa Maria, RS. 2005.
- SOUZA, A. C. LEANDRO G. R. S. SOUSA J. B., FERREIRA E. e PIERANGELI M. A. .Informações preliminares sobre transporte de sedimentos no rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taiamã, Pantanal Superior, Mato grosso, Brasil. **Revista Portuguesa de Recursos Hídricos**. v. 36 (2). p. 47-55. 2015.
- TOMAZONI, J. C. MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA FILHO, E. F. Utilização de medidas de turbidez na quantificação da movimentação de sólidos por veiculação hídrica nas 70 bacias dos rios Anta Gorda, Brinco, Coxilha Rica e Jirau, sudoeste do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, v.57, p. 49-56. 2005.