
BAÍA DA XIMBUVA, RIO PARAGUAI, CÁCERES - MATO GROSSO: ASPECTOS HIDROSSEDIMENTOLÓGICOS

BAY XIMBUVA, PARAGUAY RIVER, CÁCERES - MATO GROSSO: HYDROSEDIMENTOLOGICAL ASPECTS

Luciley Alves da Silva¹

Célia Alves de Souza²

Gustavo Roberto dos Santos Leandro³

Alfredo Zenén Domínguez González⁴

RESUMO: A pesquisa teve como objetivo verificar a morfologia do canal e o aporte de sedimentos na baía da Ximbuva no rio Paraguai, Cáceres - MT. Foi realizada em três etapas: trabalho de gabinete, pesquisa de campo (coleta de sedimentos e monitoramento) e análise de laboratório (análise granulométrica dos sedimentos de fundo e suspensão). A baía da Ximbuva possui dois trechos: o primeiro tem forma circular com ambiente lântico e o segundo com forma alongada. Quanto à granulometria dos sedimentos no meio da baía, predominou silte (96,15%); porém, próximo à confluência do canal com o rio Paraguai, apresentou maior concentração de sedimentos grosseiros, ou seja, 85,40% de areia média. A área circular apresentou profundidade média de 0,40 m. No segundo trecho alongado, a largura da seção variou de 38 a 50 m; a profundidade variou de 0,17 a 0,35 m no período de estiagem; a velocidade do fluxo variou de 0,07 m/s⁻¹ a 0,10 m/s⁻¹; a vazão variou de 0,59 a 1,35 m³/s⁻¹ e a descarga sólida de 1.228,10 a 2.232,48 toneladas ao dia.

Palavras-chave: Baía da Ximbuva. Rio Paraguai. Morfologia. Sedimentos.

ABSTRACT: The research had for objective to check the morphology of the channel and the contribution of the sediments in the Ximbuva Bay in the Paraguai river. Was accomplished by the three stages: office work, field research (collection of sediments and monitoring) and laboratory analysis (granular analysis of fund sediments and suspension). The Ximbuva Bay, has two reach: the first has circular form with slow environment and the second with elongated form. About the granulemeter of the sediments in the medium of the bay predominated silt (96,15%) but, near of the channel confluence with the Paraguai river, brought up more concentration of gross sediments, 85,40% of medium sand. The circular area brought up medium profundity of 0,40 m. At the second elongated reach the width of the section varied of 38 to 50 m, the profundity varied of 0,17 to 0,35 m in the drought period, the fluxo speed varied of 0,07m/s to 0,10 m/s the output varied of 0,595 to 1,35 m³/s and the solid blowout of 1.228,10 to 2.232,48 tons by day.

Key words: Bay Ximbuva. Paraguay River. Morphology. Sediments

1 Graduada em Geografia pela Universidade do Estado de Mato Grosso. E-mail: sirleymatogrossense@hotmail.com

2 Professora do Curso de Geografia e Orientadora nos Programas de Pós-Graduação em Geografia e Ciências Ambientais Universidade do Estado de Mato Grosso. E-mail: celiavalvesgeo@globo.com

3 Professor no Curso de Geografia, Campus de Colíder da Universidade do Estado de Mato Grosso. E-mail: gustavogeociencias@hotmail.com

4 Professor do Curso de Geografia e Orientador no Programa de Pós-Graduação em Geografia Universidade do Estado de Mato Grosso. E-mail: alfredozd@gmail.com

Artigo recebido em dezembro de 2015 e aceito para publicação em dezembro de 2015.

INTRODUÇÃO

O rio Paraguai é o principal canal de escoamento do Pantanal, sendo um dos rios mais importantes de planície do Brasil, com seus afluentes percorrendo vastas áreas de planície (SOUZA, 2004; SANTOS et al., 2012).

De acordo com IBGE (1977), o rio Paraguai Superior é o segmento compreendido entre as suas nascentes e a foz do rio Jauru; o Alto Paraguai abrange o trecho entre o rio Jauru e a foz do rio Apa, que abrange toda a área do pantanal mato-grossense.

O Pantanal ocupa parte do Mato Grosso e do Mato Grosso Sul, sendo definido como a maior planície contínua do planeta. Localiza-se entre o Cerrado, no Brasil Central, o Chaco na Bolívia e a Região Amazônica, ao Norte (SANTOS et al., 2005, p. 25).

O Estado do Mato Grosso tem uma característica que o torna peculiar em termos de configurações hidrográficas, atuando como um verdadeiro centro produtor, exportando águas e sedimentos às regiões localizadas em seu entorno (EMPAER-MT, 2000, p. 30). Na época das chuvas, os rios extravasam seus limites, quando submergem as áreas de baixada (EMPAER-MT, 2000, p. 30).

Conforme Penteadó (1980, p. 83), a carga sólida dos rios é a ferramenta da erosão.

Penteadó (1980, p. 85) diz ainda que, na planície de inundação, as águas espraíam-se e perdem velocidade, sendo depositados materiais mais finos em suspensão: silte e argilas.

A baía da Ximbuva encontra-se na planície de inundação, é uma receptora do rio Paraguai, que transporta uma grande quantidade de sedimentos finos e grosseiros (silte, argila, areia grossa, areia média e areia fina) para a baía, formando barras de sedimentos laterais, central e em forma de arco.

O regime das águas constitui-se um importante fator para manutenção das planícies, permanentes ou temporariamente inundadas, que mantêm a dinâmica de erosão e deposição de sedimentos (SOUZA et. al., 2012).

Destacamos alguns trabalhos relevantes internacionais sobre a dinâmica fluvial. Peter e Andrew (2001) estudaram a estimativa dos volumes relativos de sedimentos e de erosão na rede fluvial Yalobusha no Mississippi – EUA, Humphries et al. (2010) trabalhou a origem dos sedimentos e taxas de acumulação na várzea do rio Mkuze, África do Sul, Balthazar et al. (2012) estudou a origem dos processos erosivos e a sedimentação no rio Nilo Azul e rio Atbara na Etiópia, Wu e Chen (2012) trabalharam a erosão do solo e transporte de sedimentos na bacia do rio Leste no sul da China, Mobaraki et al. (2012) trabalhou a erosão das margens relacionadas ausência de vegetação nas margens de rios na província de Guilan, Ramonell et al. (2014) estudaram os ajustes morfológico-sedimentares do rio Bermejo no Chaco argentino.

No Brasil, destacamos os estudos relacionados às bacias hidrográficas desenvolvidos: Souza (2012) que organizou coletânea sobre a dinâmica do corredor fluvial do rio Paraguai; Carvalho e Cunha (2006) estudou as terras caídas nas margens do rio Amazonas; Lana e Castro (2008) analisaram sedimentologia nas cabeceiras do rio das Velhas, MG; Kuerten et al. (2009), características hidrossedimentares do leito do rio Ivaí, PR.

Nos estudos realizados no rio Paraguai, pode-se evidenciar algumas pesquisas

direcionadas principalmente para a geomorfologia com ênfase na dinâmica fluvial como os trabalhos realizados por Souza (2004); Souza e Cunha (2007); Justiniano (2010); Bühler (2011); Silva et al. (2012); Leandro e Souza (2012); Leandro et al. (2012); Andrade et al. (2013); Leandro et. al. (2014); Silva et al. (2014) e CIMA et. al. (2014).

Nos últimos anos como mencionado foram desenvolvidos trabalhos no rio Paraguai com destaque para o trabalho de Souza (2004) onde foram avaliados os processos erosivos e a dinâmica das feições morfológicas. Bem como os trabalhos de Silva et al. (2007) e Silva et al. (2008) que avaliaram os processos de erosão marginal e sedimentação, bem como, os padrões de canal e sua compartimentação no município de Cáceres em Mato Grosso.

Os processos erosivos foram avaliados por Souza e Cunha (2007) e Silva et al. (2011) enquanto que os de deposição na planície por Silva et al. (2012) principalmente em ambientes de baías e furados com ênfase na evolução morfológica em escala temporal.

Os aspectos sedimentares foram avaliados por Bühler e Souza (2012) no perímetro urbano de Cáceres em períodos distintos de cheia e vazante. Em ambientes fluviais do rio Paraguai denominados regionalmente de “baías” os estudos enfatizaram o composição granulométrica dos sedimentos de fundo e as relações com as feições de deposição. Destacam-se os resultados obtidos por Leandro et al. (2012) na baía Negra e Andrade et al. (2013) na baía Salobra. A baía Ximbuva foi objeto dos estudos de Silva et. al., (2013) e na baía Comprida os trabalhos foram desenvolvidos por Leandro et.al. (2014).

Os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos no leito fluvial alternam-se com o decorrer do tempo e, especialmente, são definidos pela distribuição da velocidade e da turbulência do fluxo dentro do canal (CUNHA, 2001).

Os materiais são transportados em suspensão, solução e fundo. Na suspensão, há o transporte de pequenas partículas granulométricas (argilas, silte), que são tão pequenas que conseguem permanecer em suspensão, sendo transportadas na mesma velocidade da água. Ao mesmo tempo, o material de fundo – os grãos maiores, como as areias e cascalhos – é rolado, desliza ou salta ao longo do leito dos rios (CHRISTOFOLETTI, 1980).

As forças que atuarão sobre a partícula podem mantê-la em suspensão ou no fundo do rio, saltando no leito para o escoamento, deslizando ou rolando ao longo do leito (CARVALHO, 1994).

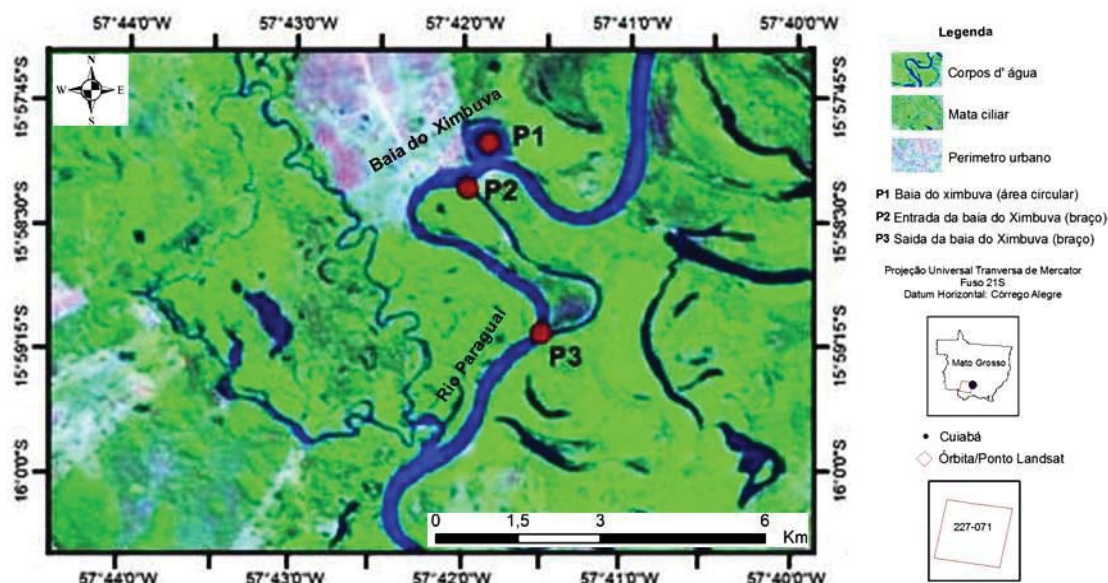
A pesquisa teve como objetivo verificar a morfologia do canal e o aporte de sedimentos na baía da Ximbuva no rio Paraguai em Cáceres, Mato Grosso, com intuito de contribuir para a conservação e ao planejamento ambiental desse segmento do rio Paraguai.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização da área de estudo

A área de estudo corresponde à baía da Ximbuva, no rio Paraguai, entre as coordenadas geográficas 15°57'45" e 16°0'0" S e 57°40'0" e 57°43'0" W, à montante da cidade de Cáceres, Mato Grosso (Figura 1).

Figura 1. Segmento do rio Paraguai e baía da Ximbuva, Cáceres, Mato Grosso.



Org.: Luciley Alves da Silva (2013).

CARACTERIZAÇÃO DA BAÍA DA XIMBUVA

Aspectos Geológicos

Na área de estudo, encontram-se os sedimentos da Formação Pantanal e Aluviões antigos e atuais. Os sedimentos da Formação Pantanal correspondem ao do período Quaternário, com aspectos semiconsolidados e inconsolidados, constituídos, basicamente, por sedimentos de textura argilosa e intercalações com textura mais grosseira (SOUZA, 2004).

Os aluviões antigos constituem-se de depósitos de terraços em planície aluvial, incluindo os canais abandonados colmatados. Essa unidade constitui-se litologicamente de depósitos pouco espessos, descontínuos e pouco amplos, contendo areias, siltes, argilas e cascalhos. Os aluviões atuais são deposições de sedimentos em faixas e descontínuas ao longo do rio Paraguai e dos canais secundários (RADAMBRASIL, 1982).

Características Geomorfológicas

A Depressão do Alto Paraguai apresenta pequeno caimento topográfico de norte para sul e rampeamento na seção oeste, enquanto a altimetria oscila entre 120 e 300 m (SOUZA, 2012). A Depressão do Alto Paraguai corta litologias do pré-cambriano, que se encontram parcialmente encobertas por sedimentos quaternários da formação pantanal (SOUZA, 2012).

O rio Paraguai e a planície fluvial marginal, sujeita à inundação periódica, ou permanentemente alagada. O canal apresenta-se meandrante e retilíneo, enquanto, na planície, encontram-se várias feições fluviais, dentre as quais se destacam as baías, lagoas, vazantes, braços, furados e diques aluviais (SOUZA; CUNHA, 2012).

O aparecimento e o desaparecimento de feições são mudanças que resultam de processos atuantes como a erosão, transporte e deposição de sedimentos na planície fluvial, que é periodicamente inundada (SOUZA; CUNHA, 2012).

A baía da Ximbuva encontra-se em uma planície fluvial de áreas aplanadas, resultante de acumulação fluvial, periódica ou permanentemente alagada.

Solos

Os solos são rasos, pouco desenvolvidos, orgânico-minerais, com características de locais planos e abaciados, sujeitos a alagamentos constantes e periódicos, marcados por uma série de terraços e planícies fluviais e recobertos por vegetação de várzea (RADAMBRASIL, 1982).

A granulometria predominantemente fina, associada às baixas declividades inferiores a 1% (SEPLAN, 2000), favorece maior retenção e acúmulo de água por um período maior, na planície de inundação. Souza (2004) diz que, no período de estiagem, a concentração elevada de argila resseca e formam-se fendas, tornando as margens do canal fluvial vulneráveis à erosão mecânica.

Segundo RADAMBRASIL (1982), o solo da área de estudo é classificado como Glei, pouco úmido, eutrófico e com argila de atividade baixa textura indiscriminada. É originado de sedimentos muito recentes referentes ao período Quaternário, normalmente constituído por camadas sedimentares de natureza heterogênea. Em função da natureza das camadas, as características são também muito diversificadas, o que resulta na ocorrência de solos com todas as classes de textura, argila de atividade alta e baixa, álicos, distróficos e eutróficos (RADAMBRASIL, 1982).

São característicos de locais planos e abaciados, sujeitos a alagamentos constantes ou periódicos. As condições anaeróbicas, resultantes da má drenagem do perfil, dão ao solo características de intensa gleização, resultante dos processos de redução (RADAMBRASIL, 1982).

Conforme a classificação da EMBRAPA (2006), gleissolos são aqueles formados principalmente a partir de sedimentos, estratificados ou não, e sujeitos à constante ou periódico excesso d'água, o que pode ocorrer em diversas situações. Os solos dessa classe encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. A água permanece estagnada internamente, ou a saturação é por fluxo lateral no solo.

Vegetação

A cobertura vegetal na baía da Ximbuva é composta por subformações, aquática, gramínea, arbusto, pastagens e árvore de pequeno e grande porte com troncos retorcidos. Segundo Souza, et al. (2011), o Pantanal, como um todo, é um bioma bem preservado, o que favorece em abundância o estabelecimento permanente de plantas aquáticas livres e flutuantes. Souza et al. (2011) dizem que há uma imensa diversidade de espécies de vegetação aquática no pantanal; porém, há um grande predomínio de *Eichhornia crassipes* e de *Eichhornia azurea*, conhecidas no pantanal como camalote ou aguapés.

Segundo Silva et al. (2014), a mata ciliar mantém-se conservada ao longo da baía, em áreas inundáveis ou sujeitas à inundação. Essa formação vegetal ribeirinha é diversificada, são vegetações de pequeno porte, adaptáveis ao encharcamento do solo durante o período das cheias.

Conforme Souza (2004), a Floresta Aluvial foi observada ao longo do rio Paraguai, nas ilhas, em áreas inundáveis ou sujeitas à inundação. Essa formação florestal ribeirinha é diversificada, sendo que suas principais características variam de acordo com sua localização na formação aluvial.

Leandro e Sousa (2014, p.198) dizem que:

A região de Floresta Estacional Semidecidual recobre uma superfície bastante expressiva. Situa-se em área de diferentes formações geológicas, desde o Quaternário até o pré-Cambriano Superior. Leandro e Sousa (2014) verificaram ainda que dentro desta fitoecologia encontram-se duas subformações: Aluvial com Dossel Emergente e Submontana com Dossel Emergente. A mata Dossel emergente ocupa ampla superfície na Depressão do Paraguai, em terrenos de sedimentos quaternários formados por solos do tipo Neossolos Quartzarênicos.

Procedimentos metodológicos

A pesquisa foi concluída em três etapas: trabalho de gabinete (levantamento bibliográfico e atividades relacionada ao trabalho) pesquisa de campo e análise de laboratório.

1ª etapa – Gabinete

Nessa etapa, houve a construção do referencial teórico, cálculos e redação do artigo. A pesquisa bibliográfica consistiu em uma parte da etapa de gabinete, sendo realizada preliminarmente às outras e ao longo de todo processo de investigação a partir de relatórios, livros, teses, dissertações, artigos científicos, dentre outros (LAKATOS; MARCONI, 2007).

2ª etapa – Trabalho de campo

A vazão foi obtida com o auxílio de ecobatímetro GPSmaps 420s GARMIN a partir da relação largura/profundidade. Para medir largura e a profundidade do canal, foi utilizado o ecobatímetro (Figura 2).

Para calcular a área na seção transversal, no nível de margens plenas e área da seção molhada, foi adotada a seguinte fórmula, baseada em Cunha (2009).

$$A = L \times P$$

Onde:

A = Área da seção;

L = Largura do canal;

P = Profundidade média.

Para se obter o cálculo da vazão, utilizou-se a seguinte fórmula (CUNHA, 2009).

$$Q = V \times A$$

Onde:

Q = Vazão;

V = Velocidade das águas;

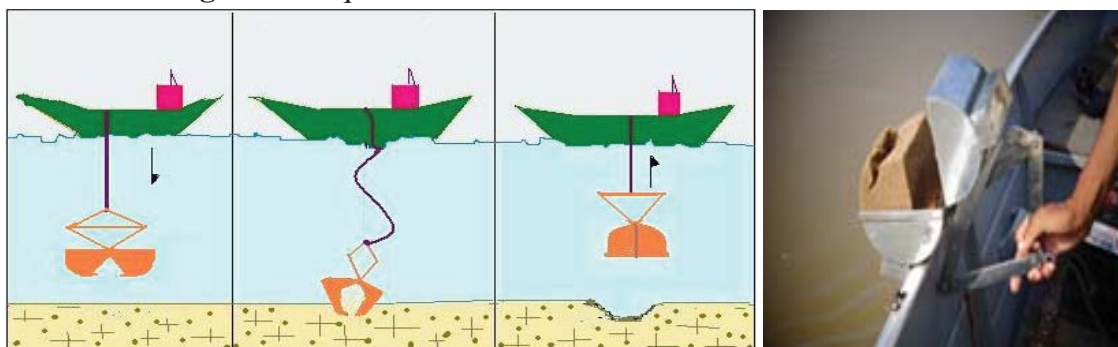
A = Área.

Figura 2. Aparelhos utilizado em campo a) Sonar Garmin para determinação de largura e profundidade; b) Molinete fluviométrico para determinação de velocidade de fluxo,



Para a coleta do material de fundo, foi utilizada a draga “modelo de Van Veen” (pegador de mandíbulas). O aparelho foi lançado na água até alcançar o fundo do canal fluvial, retendo sedimentos em suas mandíbulas. O material acumulado no interior da draga foi recolhido e acondicionado em sacolas plásticas transparentes, com a devida etiquetagem (Figura 3).

Figura 3. Esquema de coleta: amostra de sedimento de fundo.



Fonte: FRANCO, 2007.

3ª etapa – Análise de laboratório Ensaio de Pipetagem

Para verificar os tipos de sedimentos e a composição granulométrica do material de fundo, foi realizada análise em laboratório. Para fracionamento do material de fundo em areia, silte e argila, utilizou-se o método de pipetagem (dispersão total em análise física) conforme prescrição da EMBRAPA (1997). O procedimento foi realizado seguindo as seguintes etapas:

Após secagem a 100°C em estufa, 20 g de amostra de cada ponto de coleta foram condicionadas em béqueres contendo 10 ml de reagente químico e/ou solução dispersante (NaOH 0,1M.L-1) e 100 ml de água destilada. Em seguida, o conteúdo dos béqueres foi agitado com um bastão de vidro, tampado com vidro de relógio e deixado em repouso por 12 horas.

Transcorrido o período de repouso, as amostras foram novamente agitadas, durante 15 minutos mecanicamente, no Agitador de Wagner TE-160 em garrafas de Stohlmann. Na sequência, o material foi lavado em uma peneira de 20 cm de diâmetro e malha de 0,053 (nº 270) apoiada sobre um funil, que tinha, logo abaixo, uma proveta de 1000 ml. O silte e a argila passaram para a proveta de 1000 ml e a areia ficou retida na peneira.

O material da proveta foi agitado com um bastão de vidro por 30 segundos e deixado em repouso em suspensão aquosa, a uma profundidade de 5 cm, a diversas temperaturas, conforme a tabela de temperatura e tempo de sedimentação.

Transcorrido o tempo de sedimentação, foi introduzida uma pipeta no interior da proveta a uma profundidade de 5 cm, sendo em seguida aspirada a suspensão (fração argila menor que 0,002 mm).

Ao fim do processo, tanto o material da proveta (suspensão coletada) quanto da peneira, foram transferidos para béqueres anteriormente pesados em balança analítica, identificados de acordo com o ponto de coleta e levados à estufa a 100°C.

Concluída a secagem, foi realizada pesagem e calculados os percentuais de areia e argila para cada amostra, a fração silte equivale ao complemento dos percentuais areia/argila das 20 g iniciais (obtido por diferença das outras frações em relação à amostra).

Foram realizados três ensaios por amostra coletada em campo para obtenção da composição média do material de fundo.

Ensaio de Peneiramento

Para determinação do tamanho das partículas de sedimentos de fundo, foi adotado o método de peneiramento. A fração areia, separada pelo método de dispersão total ou pipetagem, foi seca em estufa a 100°C, passando posteriormente por processo mecânico de peneiramento em Agitador Eletromagnético com uma sequência de peneiras padronizadas, por 30 minutos. O material retido em cada uma das peneiras foi pesado separadamente, determinando as frações areia grossa, areia média e areia fina (EMBRAPA, 1997).

Análise dos sedimentos de suspensão

A técnica utilizada foi de evaporação, que consiste em acondicionar a amostra líquida e suspensa em béqueres previamente pesados e levar a estufa para secagem. Posteriormente, os béqueres são novamente pesados, obtendo-se a diferença em gramas que é transformada em mg.l⁻¹ (LELI et al., 2010).

Determinação da descarga sólida suspensa

Os valores de descarga sólida em suspensão (Q_{SS}) foram determinados pelo somatório do produto entre a concentração de sedimento suspenso da vertical (C_{SSi}) e a respectiva descarga líquida da vertical (Q_{li}), na forma da expressão abaixo:

$$Q_{SS} \equiv \sum (C_{SSi} \cdot Q_{li}) \cdot 0,0864$$

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 (m³/s⁻¹).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A baía da Ximbuva possui dois trechos: o primeiro tem forma circular com 1.719 m de perímetro, o ambiente lântico no período de estiagem e o segundo possui forma alongada 2.710 m de extensão. Conforme Souza et al. (2009): “as baías constituem áreas deprimidas, contendo água, delineando formas circulares, semicirculares ou irregulares” (Figura 4).

Figura 4. Aspectos Morfológicos na baía da Ximbuva a) planície de inundação b) Canal secundário.



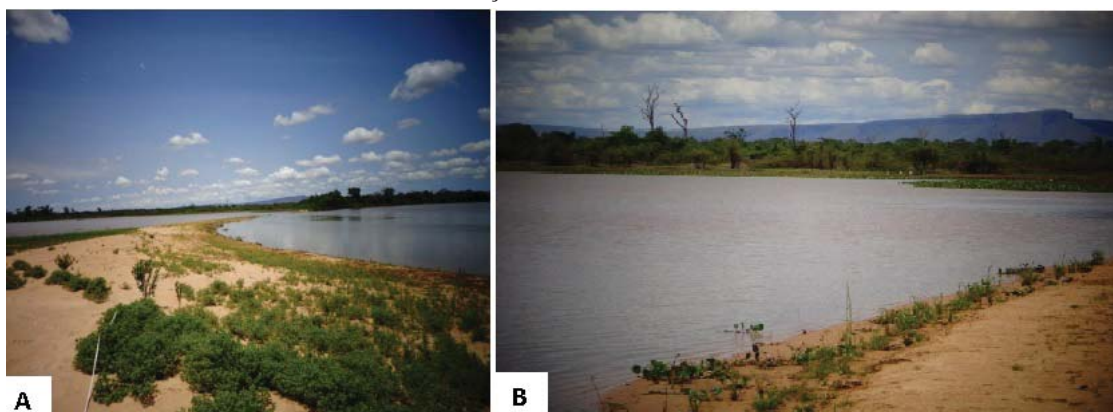
Foto: Luciley Alves da Silva (2014).

A área circular da Ximbuva encontra-se desmatada, sendo ocupada por fazenda onde são desenvolvidas atividades agropecuárias com criação de gado. Dentro da baía, foi identificada vegetação do tipo macrófitas, tais como aguapés e gramíneas. A vegetação das margens do canal secundário está preservada.

1ª Seção

A morfologia apresentou forma circular, com deposição arqueada em barra de sedimentos (Figura 5) delineando o ambiente fluvial. O espelho d'água caracteriza-se de forma lântica no período de estiagem e, desse modo, facilita o desenvolvimento de algumas espécies de macrófitas, como o aguapé (*Eichornia crassipes*) que são bioindicadores na região.

Figura 5. a) Depósito de sedimentos em forma de arco na entrada da baía da Ximbuva, área circular b) Planície de inundação; ao fundo, Província Serrana.



Fotos: Luciley Alves da Silva (2014).

A baía da Ximbuva, por se encontrar geomorfologicamente na planície do rio Paraguai, é abastecida pelo canal principal durante o período da cheia. O fluxo é parcialmente interrompido no período de estiagem. Na seção não foram detectadas velocidade no fluxo, o que influencia na variável vazão. A maior profundidade obtida no período de estiagem foi 0,40 m (Tabela 1). Os sedimentos de fundo são compostos por 2,85% de areia fina, 96,15% de silte e 1,0% de argila (Tabela 2).

A constituição do material de fundo é resultado do processo de decantação das partículas finas, anteriormente transportadas em suspensão no período de cheia. Esse processo foi identificado por Silva et al. (2012) na Passagem Velha do rio Paraguai a jusante de Cáceres. Os autores identificaram valores acima de 70% de silte nos sedimentos depositados no ambiente de transbordamento. No entanto, próximo ao canal principal do rio Paraguai o material foi constituído de fração arenosa. Como resultados desencadeados identificaram principio de abandono no meandro com surgimento de um novo canal devido à formação de depósitos na entrada do antigo. Na baía da Ximbuva o processo de colmatação poderá ocorrer considerando a estabilização dos depósitos arenosos.

Tabela 1. Variáveis hidráulicas das seções transversais na baía da Ximbuva, período de estiagem, no mês de setembro de 2014.

Seção	Largura em m	Profundidade média em m	Velocidade em m.s ⁻¹	Área da seção em m ²	Vazão em m ³ .s ⁻¹	Sedimentos de suspensão mg.l ⁻¹	Descarga sólida t/dia
I	---	0,40	---	--	--	---	---
II	38	0,35	0,10	13,3	1,33	220	2.232,48
III	50	0,17	0,07	8,5	0,59	220	1.228,10

Fonte: Dados obtidos em trabalho de campo sistematizados em gabinete.

Org: Luciley Alves da Silva (2014).

As características dos sedimentos de fundo influenciam a dinâmica morfológica na planície de inundação com a deposição e processos erosivos. Da mesma forma que, a construção destes ambientes, seleciona os materiais subsequentes que serão depositados na calha e demais ambientes fluviais.

De acordo com Silva et al. (2012), a baía do Quati apresenta as mesmas feições, mostra perda da capacidade de transporte, pois a área não apresenta velocidade no período de estiagem, acarretando a deposição e/ou sedimentação das frações que estavam sendo transportadas. Os sedimentos de fundo também apresentaram maior predominância da fração silte. Em ambiente lântico da baía Negra Leandro et al. (2012) caracterizaram os sedimentos de fundo como material fino com porcentagem acima de 90% de silte. E da mesma forma identificaram a formação de depósitos arenosos na intersecção entre o canal principal e o secundário.

A inexistência de areia grossa com aumento da fração média e a baixa porcentagem de areia fina ocorrem em função dessas baías não receberem água e/ou sedimentos grosseiros diretamente do fluxo do rio Paraguai, e sim, a partir da planície de inundação. A exceção de suas entradas onde o rio Paraguai bordejando as mesmas contribui para a deposição de sedimentos arenosos com a diminuição do volume de água.

Tabela 2. Composição granulométrica dos sedimentos de fundo, período de estiagem.

Seção	Local	Sedimentos de fundo (%)				
		Areia grossa	Areia média	Areia fina	Silte	Argila
I	Baía circular	---	---	2,85	96,15	1,0
II	Início do canal secundário	---	62,80	36,40	0,05	0,75
III	Confluência do canal secundário e rio Paraguai	---	85,40	13,50	0,25	0,85

Fonte: Dados obtidos em laboratório sistematizados em gabinete.

Org: Luciley Alves da Silva (2014).

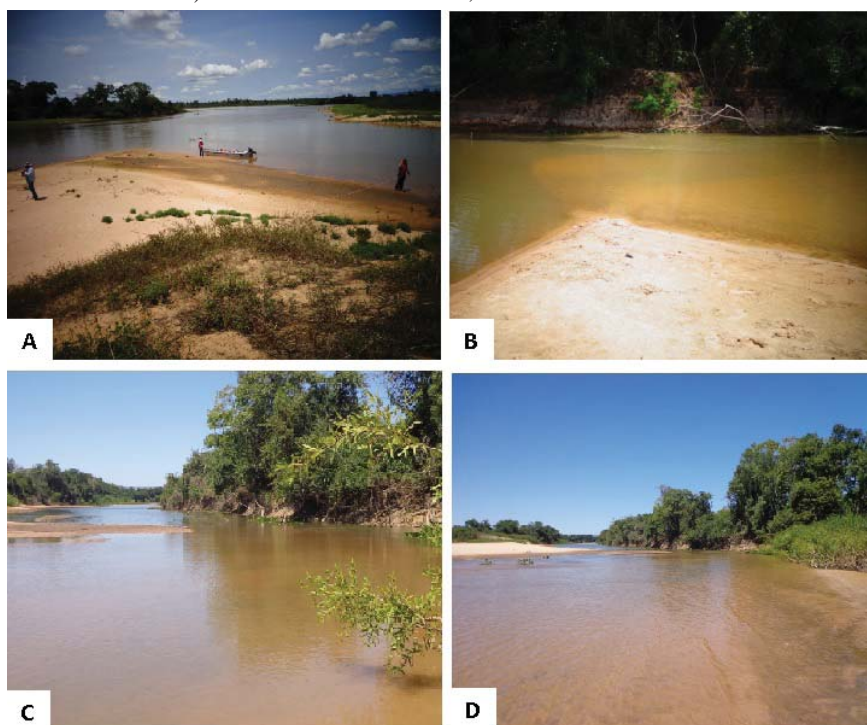
Segundo Christofolletti (1980), na vazante, o escoamento está restrito a parcelas do canal fluvial, onde há deposição de parte destrítica com o progressivo abaixamento do nível das águas.

Nessa área de planície, a cobertura vegetal é composta por um extrato arbustivo, com pequenas ilhas com extrato arbóreo, facilitando o desenvolvimento da pecuária bovina extensiva no local.

2ª Seção

A segunda seção localiza-se na entrada do canal secundário, onde se verifica a presença de barras de sedimentos submersas e barras estabilizadas na entrada do canal secundário. No período chuvoso, possibilita o escoamento de água e sedimentos; no período de estiagem, perde a competência e a vazão, diminuindo a profundidade, inviabilizando a navegação (Figura 6).

Figura 6. a) Vista parcial do início do canal secundário no rio Paraguai e barra de sedimentos estabilizada; b) barra em forma de arco submerso; c) barra de sedimentos laterais; vegetação médio porte d) vista do canal assoreado, barra central e lateral.



Fotos: Luciley Alves da Silva (2014).

Nessa seção, devido à redução da capacidade de transporte dos sedimentos durante o período de estiagem, ocorreu a formação de barra lateral e submersa no centro do canal. Os sedimentos apresentaram a composição arenosa com fração predominante de areia média. Foram identificados 62,80% de areia média, 36,40% de areia fina, 0,05% de silte e 0,75% de argila (Tabela 2), predominando sedimentos grosseiros. A largura do canal nesse período apresentou 38 m com a profundidade de 0,35 m e à velocidade de 0,10 m.s⁻¹ e vazão 1,33 m³.s⁻¹ com descarga sólida de 2.232,48 toneladas ao dia (Tabela 1).

Guerra e Marçal (2006), afirma que elas causam não só danos às encostas e planícies, mas também a partir do transporte de sedimentos, mudanças na qualidade e quantidade de água dos rios, lagos e reservatórios, tornando-os mais rasos, podendo chegar, inclusive, ao assoreamento total desses corpos líquidos.

Cabe salientar ainda a sucessão de depósitos consolidados no entorno da seção transversal. Foram identificados diques marginais e cordões arenosos em fase de estabilização por vegetação rasteira.

3ª Seção

A terceira seção encontra-se no canal secundário, próximo a confluência com rio Paraguai a jusante (Figura 7). Na seção a largura do canal foi de 50 m, com profundidade média 0,17 m, à velocidade de 0,07 m.s⁻¹, vazão de 0,59 m³.s⁻¹ e descarga sólida de sedimento 1.228,10 t/dia (Tabela 2). Nessa seção, há maior concentração de sedimentos arenosos, sendo 85,40% areia média, 13,50% de areia fina, 0,25% de silte e 0,85% de argila (Tabela 2). Segundo Carvalho (1994), o deslocamento e o transporte dos sedimentos dependem da forma, tamanho e peso da partícula e das forças exercidas pela ação do escoamento. Segundo Guerra e Cunha (2008), a carga de fundo é formada por partículas de tamanhos maiores (areia, cascalhos ou fragmentos de rochas) que saltam ou deslizam ao longo do leito fluvial. A velocidade, nesse tipo de carga, tem participação reduzida, fazendo os grãos moverem-se lentamente (GUERRA e CUNHA, 2008).

Figura 7. a) Confluência do canal secundário e rio Paraguai, com vegetação preservada na margem direita e esquerda; b) Saída do canal, vegetação flutuante com aguapés; c) Canal parcialmente assoreado com barra submersa no centro d) Vista parcial do canal secundário da baía da Ximbuva.



Fotos: Luciley Alves da Silva (2014).

A composição dos sedimentos de fundo, predominantemente arenosa no período de estiagem resulta na formação de depósitos ao longo dos meandros no rio Paraguai. Nas feições morfológicas como as baías são responsáveis pela obstrução parcial ou total do fluxo de água. Os resultados obtidos vêm ao encontro das observações feitas por Leandro et al. (2012), que destacam a influência dos sedimentos arenosos na formação de barras central e submersa na baía Negra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A baía da Ximbuva localiza-se em planícies do rio Paraguai, tanto a área circular quanto o canal secundário.

À margem direita do rio Paraguai, está a área circular e encontra-se desmatada, ocupada por fazenda com criação de gados; porém, a entrada do canal secundário, na margem esquerda, ainda é preservada.

Na área circular, o ambiente é lântico, teve uma maior concentração de material fino por decantação, silte, leve e fácil de ser transportado pelo rio, havendo também,

uma pequena porcentagem de areia fina na seção pesquisada. A baía da Ximbuva, por se encontrar em área de depressão, obteve uma maior profundidade no período da seca, retendo a água em seu reservatório.

A área alongada, na entrada do canal secundário, à margem esquerda do rio Paraguai, é convexa e é parcialmente assoreada no período de estiagem; apresenta formações de dique marginal, barras lateral e central. O canal, no período de estiagem, obteve poucos centímetros de profundidade, quase rompendo ligação com o rio Paraguai. Uma grande quantidade de areia média e fina foi arrastada para o centro do canal, formando barras de sedimentos submersas, inviabilizando o abastecimento de água.

O rio Paraguai exerce processo de influência na deposição de sedimentos de textura arenosa. No período chuvoso, atua transportando e depositando esses materiais em lagoas e baías e canais secundários. Essa deposição de sedimento chega a ser em grandes escalas que acabam transformando esses braços e baías em meandros abandonados, rompendo totalmente a ligação com o rio.

AGRADECIMENTOS

Ao projeto *Processo de sedimentação e qualidade da água no corredor fluvial do rio Paraguai entre a foz do rio Bugres e a Estação Ecológica da Ilha Taiamã, Mato Grosso* – vinculado à sub-rede de pesquisa ASA de estudos sociais, ambientais e de tecnologias para o sistema produtivo na região sudoeste mato-grossense, financiada pela REDE PRO-CENTRO-OESTE MCT/CNPq/FNDCT/FAPEMAT/MEC/CAPES n. 031/2010 (2010-2015) –, pelo apoio financeiro, que possibilitou os trabalhos de campo e laboratório dos quais decorre este artigo. À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de Bolsas de Iniciação Científica junto aos Programas Institucionais da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT ao primeiro autor. Também à Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), pelo apoio logístico por meio do Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial (LAPEGEOF).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). 2004. **Implementação de práticas de gerenciamento integrado de bacia hidrográfica para o pantanal e Bacia do Alto Paraguai**: Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado do Pantanal e Bacia do Alto Paraguai. Brasília, ANA/GEF/PNUMA/OEA, Relatório Final Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/Catalogo_Publicacoes_2004.asp>.

ANDRADE, L.N.P.; LEANDRO, G.R.S.; SOUZA, C.A. Geoformas deposicionais e sedimentos de fundo na foz da baía Salobra confluência com o rio Paraguai Pantanal de Cáceres - Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 6, n. 2, p. 253-270, 2013.

BALTHAZAR, V.; VANACKER, V.; GIRMA, A.; POESEN, J.; GOLLA, S. Human impact on sediment fluxes within the Blue Nile and Atbara River basins. **Geomorphology**, 2012.

BÜHLER, B.F. **Qualidade da água e aspectos sedimentares da bacia hidrográfica do rio Paraguai no trecho situado entre a baía do Iate e a região do Sadao, município de Cáceres (MT), sob os enfoques quantitativos e perceptivos**. 2011. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciências Naturais e Tecnológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, Cáceres, MT, 2011.

BÜHLER, B.F.; SOUZA, C.A. Aspectos sedimentares do rio Paraguai no perímetro urbano de Cáceres – MT. **Geociências**, v. 31, n. 3, p. 339-349, 2012.

- CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: Editora CPRM, 2000.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Editora Blucher, 1980.
- CIMA, E.F.; ANDRADE, L.N.P.S.; SOUZA, C.A.; SANTOS, M.; LEANDRO, G.R.S. Frequência granulométrica e deposição de sedimentos em ambientes do corredor fluvial do rio Paraguai, Pantanal Superior, Mato Grosso. **Cadernos de Geociências**, v. 11, n. 1-2, p.1-6., 2014.
- CUNHA, S.B. Geomorfologia Fluvial. In: Cunha, S.B.; Guerra, A.J.T. (Org.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand do Brasil, 2009. p. 157-188.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.
- _____. **Manual de métodos de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2011.
- EMPAER-MT. **Manual técnico de microbacias hidrográficas**. Cuiabá, MT, 2000. p. 30-41.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 8.ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2008.
- GUERRA, A.J.T.; MARÇAL, M.S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- HUMPHRIES, M. S.; KINDNESS, A.; Ellery, W.N.; HUGHES, J.C.; BENITEZ-NELSON, C.R. ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb derived sediment accumulation rates and their role in the long-term development of the Mkuze River floodplain, South Africa. **Geomorphology** 88–96. Contents lists available at Science Direct Geomorphology, journal homepage: www.elsevier.com/locate/geomorph. (2010).
- KUERTEN, S.; Santos, M.L.; SILVA, A.. Variação das características hidrossedimentares e geomorfologia do leito do rio Ivaí – PR, em seu curso inferior. **Geociências**, v. 28, n. 2, p. 143-151, 2009.
- LANA, C.E.; CASTRO, P.T.A. **Análise sedimentológica e de proveniência de sedimentos fluviais nas cabeceiras do rio das Velhas, município de Ouro Preto**. MG, 2008.
- LEANDRO, G.R.S.; NASCIMENTO, F.R.; SOUZA, C.A.; SILVA, L.A.; SANTANA, M.F. Variáveis sedimentares e hidrodinâmica na confluência dos rios Cabaçal e Paraguai, Pantanal Superior, Brasil. **GeoNorte**, Edição Especial 4, v.10, n.1, p.522-527, 2014.
- LEANDRO, G.R.S.; SOUZA, C.A. Pantanal de Cáceres: composição granulométrica dos sedimentos de fundo no rio Paraguai entre a foz do rio Cabaçal e a cidade de Cáceres, Mato Grosso, Brasil. **Rev. Ambi.Água**. v. 7, n. 2, p. 263-276. 2012.
- LEANDRO, G.R.S.; SOUZA, C.A.; CHAVES, I.J.F. Aspectos sedimentares na baía Negra, corredor fluvial do rio Paraguai, Pantanal de Cáceres, Mato Grosso. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 43, p. 204-216, 2012.
- LEANDRO, G.R.S.; SOUZA, C.A.; NASCIMENTO, F.R. Sedimentos de fundo e em suspensão no corredor fluvial do rio Paraguai, Pantanal norte mato-grossense, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 34, n. 2., p. 195-214, 2014.
- MAITELLI, G.T; A hidrografia no contexto regional. In: Moreno, G.; Higa, T.C.S. **Geografia de Mato Grosso**. Cuiabá: Editora Entrelinhas, 2005. p. 272-285.
- MOBARAKI, A. F; GHODRATI, A.R; NAZAMI, M.T. Investigation of Stabilization of River Margins with use of Biological method for prevention of soil Erosion and sediment production. **Intl J Agri Crop Sci**. v. 4, n. 11, p. 691-695, 2012.
- PENTEADO, M.M. **Fundamentos a geomorfologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.
- PETER, W. D.; SIMON, A. Fluvial geomorphological analysis of the recruitment of large woody debris in the Yalobusha River network, Central Mississippi, USA. **Geomorphology**, 2001.
- SANTOS, C. C. F.; SIQUEIRA, D. B. E. S.; CORSINI, E. (Org.) **O meio ambiente**.
-

FUBRAS. Programa agrinho meio ambiente biomas de Mato Grosso: manual do professor. Cuiabá, MT, 2005.

SANTOS, M.; BÜHLER, H.F.; CEBALHO, E.C.; OLIVEIRA, R.; SOUZA, C.A.; PIERANGELI, M.A.P. Caracterização ambiental do rio Paraguai entre a praia do Ximbuva e a cidade de Cáceres, MT. In: SOUZA, C. A. (Org.). **Bacia hidrográfica do rio Paraguai, MT: dinâmica das águas, uso e ocupação e degradação ambiental**. São Carlos: CUBO Editora, 2012. p.191-201.

SILVA, A.; ASSINE, M.L.; ZANI, H.; SOUZA FILHO, E.E.; ARAÚJO, B. C. Compartimentação geomorfológica do rio Paraguai na borda Norte do Pantanal mato-grossense, região de Cáceres – MT. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 1, p. 73-81, 2007.

SILVA, A.; SOUZA FILHO, E.E.; CUNHA, S. B. Padrões de canal do rio Paraguai na região de Cáceres (MT). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 1, p. 167-177, 2008.

SILVA, E.S.F.; SOUZA, C.A.; LEANDRO, G.R.S.; ANDRADE, L.N.P.S.; GALBIATI, C. Evolução das feições morfológicas do rio Paraguai no Pantanal de Cáceres - Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 13, n. 4, p. 435-442, 2012.

SILVA, F.C.; FREITAS, I.J.; CRUZ, J.B.; OLIVEIRA, M.A.P.; SOUZA, C.A.; ANDRADE, L.N.P.S.; MAROSTEGA, G.B. Feições deposicionais e composição granulométrica dos sedimentos em alguns trechos do rio Paraguai: Passagem Velha, Barranco do Touro, Baía do Quati e foz do Córrego Padre Inácio no município de Cáceres, MT. In: SOUZA, C. A. (Org.). **Bacia hidrográfica do rio Paraguai, MT: dinâmica das águas, uso e ocupação e degradação ambiental**. São Carlos: CUBO Editora, 2012.

SILVA, L.A.; SOUZA, C.A.; LEANDRO, G.R.S.; SANTANA, M.F. Morfologia e processo de sedimentação na baía da Ximbuva, rio Paraguai, Cáceres, Mato Grosso. **GeoNorte**, Edição Especial 4, v.10, n.10, 2014.

SOUZA, C.A. **Dinâmica do corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da ilha de Taiamã, MT**. 2004. 173f. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2004.

SOUZA, C.A.; CUNHA, S. B. 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 – Seção Três Lagoas**, v. 1. n. 5, p. 18-42, 2007

SOUZA, C.A.; LANI, J.L.; SOUSA, J.B. **Questões ambientais: pantanal mato-grossense**. Cáceres, MT: Editora Unemat, 2009.

SOUZA, C.A.; SOUZA, J.B.; FERREIRA, E.; ANDRADE, L.N.P.S. Bacia hidrográfica do rio Paraguai. In: SOUZA, C.A. (Org.). **Bacia hidrográfica do rio Paraguai – MT: dinâmica das águas, uso, ocupação e degradação ambiental**. São Carlos-SP: ed. Cubo, 2012.

SOUZA, C.A.; VENDRAMINI, W.J.; Souza, M.A. Assoreamento na baía do Sadao no rio Paraguai, Cáceres, Mato Grosso. **Cadernos de Geociências**, Salvador, v. 9, n. 2, p. 85-93, 2012.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

USGS – United States Geological Survey. **Techniques of Water Resources Investigations**. Washington, 1973.

WU, Y.; Chen, J. Modeling of soil erosion and sediment transport in the East River Basin in southern China. **Science of the Total Environment**, 2012.