

## MIGRAÇÃO LATERAL DO RIO PARAGUAI ENTRE A FOZ DO RIO SEBOTUBA E A FOZ DO RIO CABAÇAL EM MATO GROSSO<sup>1</sup>

Lateral Migration on the Paraguay River Between the Mouth of the Sepotuba River and the Mouth of Cabaçal River in Mato Grosso State

Laura Aparecida de Arruda JUSTINIANO<sup>2</sup>

Célia Alves de SOUZA<sup>3</sup>

Maria Aparecida Pereira PIERANGELI<sup>4</sup>

**Resumo:** O trabalho avalia a erosão marginal e a granulometria dos sedimentos transportados pelo rio Paraguai. Para o monitoramento da erosão, a área foi dividida em sete seções e foi utilizado o método de pino e estacas. A análise granulométrica dos sedimentos utilizou o método de pipetagem e peneiramento. Quanto à erosão, os resultados demonstraram que, mesmo nas seções com predominância de argila e presença de concreções, a magnitude variou entre 0,66 a 3,55 cm/mês.

**Palavras-chave:** dinâmica fluvial, erosão, granulometria.

**Abstract:** This study evaluates the bank erosion and sediment transported by the Paraguay River. For monitoring the erosion, the area was divided into seven sections and we used the method of pin and cuttings. The granulometric analysis of sediments utilized the method of sieving and pipetting. Regarding the erosion, the results showed that even in sections with a predominance of clay and the presence of concretions, the magnitude ranged from 0.66 to 3.55 cm/month.

**Key words:** fluvial dynamic, erosion, granulometry.

### Introdução

Bacia hidrográfica corresponde a uma unidade natural, ou seja, uma determinada área da superfície terrestre cujos limites são criados pelo próprio escoamento das águas sobre a superfície ao longo do tempo. Toda bacia resulta da interação da água e de outros recursos naturais como: material de origem, topografia, vegetação e clima (LEOPOLD, 1971).

---

<sup>1</sup> Resultados de projeto de pesquisa Financiado no âmbito da Rede ASA-MCT/CNPq/FNDCT/FAPEMAT/MEC/CAPES/PRO-CENTRO-OESTE.

<sup>2</sup> Mestrado em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Mato Grosso. la.justin@hotmail.com.

<sup>3</sup> Professora Adjunta da Universidade do Estado de Mato Grosso, coordenadora do LAPEGEOF/UNEMAT. celiaalvesgeo@globo.com.

<sup>4</sup> Professora Adjunta do Departamento de Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso. mapp@unemat.br.

Os canais fluviais são dinâmicos. Envolvem um sistema complexo entre as condições naturais (solo, vegetação, topografia, padrão de drenagens, entre outros) e as atividades humanas. Essas interações contribuem para a alteração da dinâmica e do regime fluvial.

Segundo Penteado (1974), o rio mantém seu equilíbrio erodindo seu leito a montante, transportando e depositando os sedimentos para outro ponto a jusante. O trabalho do rio em suas margens desempenha importante papel no controle da largura do canal, contribuindo para o incremento da carga de sedimentos no fundo dos rios.

Entre os fatores que contribuem para a mudança da paisagem no sistema fluvial está a erosão marginal, que destrói as margens e aumenta a largura dos rios (CASADO et al, 2002). A erosão contribui significativamente para o incremento da carga de fundo dos rios e provoca destruição progressiva da área marginal, desvalorizando os terrenos ribeirinhos e limitando o seu uso (THORNE e TOVEY, 1981).

A evolução da erosão marginal, comparada a outros processos geomorfológicos, é rápida (HOOKE, 1979). Esse fato ressalta a importância de monitorar os processos erosivos fluviais para o controle do mesmo e para o planejamento das atividades relacionadas ao rio.

O deslocamento e o transporte do sedimento dependem, principalmente, da forma, tamanho, peso e das forças exercidas pelo escoamento. Estes sedimentos podem ser transportados em suspensão ou em fundo (CARVALHO, 1995). Quando as forças reduzem até a condição de não poderem continuar a deslocar o sedimento, ocorre a deposição (CUNHA, 1998).

Portanto, analisar a erosão marginal é fundamental no estudo de canais fluviais, contudo a literatura brasileira registra poucos trabalhos referentes a esse processo. No Brasil, destacam-se os estudos realizados por Fernandez (1990, 1995), Destefani e Souza (2002), Rocha (2002) e Borges (2004). Especificamente no rio Paraná, referenciam-se os de Fernandes e Fulfaro (1993), Casado et al (2002) e Oliveira (2006); no rio São Francisco, o de Castro (2005); no rio Araguaia, o de

Bayer e Carvalho (2008); e na bacia do Alto Paraguai, os de DNOS (1978); Souza (2004) e Silva (2006).

Diante disso, o trabalho buscou avaliar a erosão marginal e o transporte de sedimentos no rio Paraguai entre a foz do Rio Sepotuba e a foz do Rio Cabaçal, para entender a dinâmica fluvial nesse trecho e, assim, sugerir proposta de planejamento e gestão.

## **Materiais e métodos**

### *Área de estudo*

A unidade de análise adotada corresponde ao trecho da bacia hidrográfica do Paraguai que compreende o trecho entre a foz do rio Cabaçal até a foz do rio Sepotuba, com 13,78 km de extensão (Figura 1).

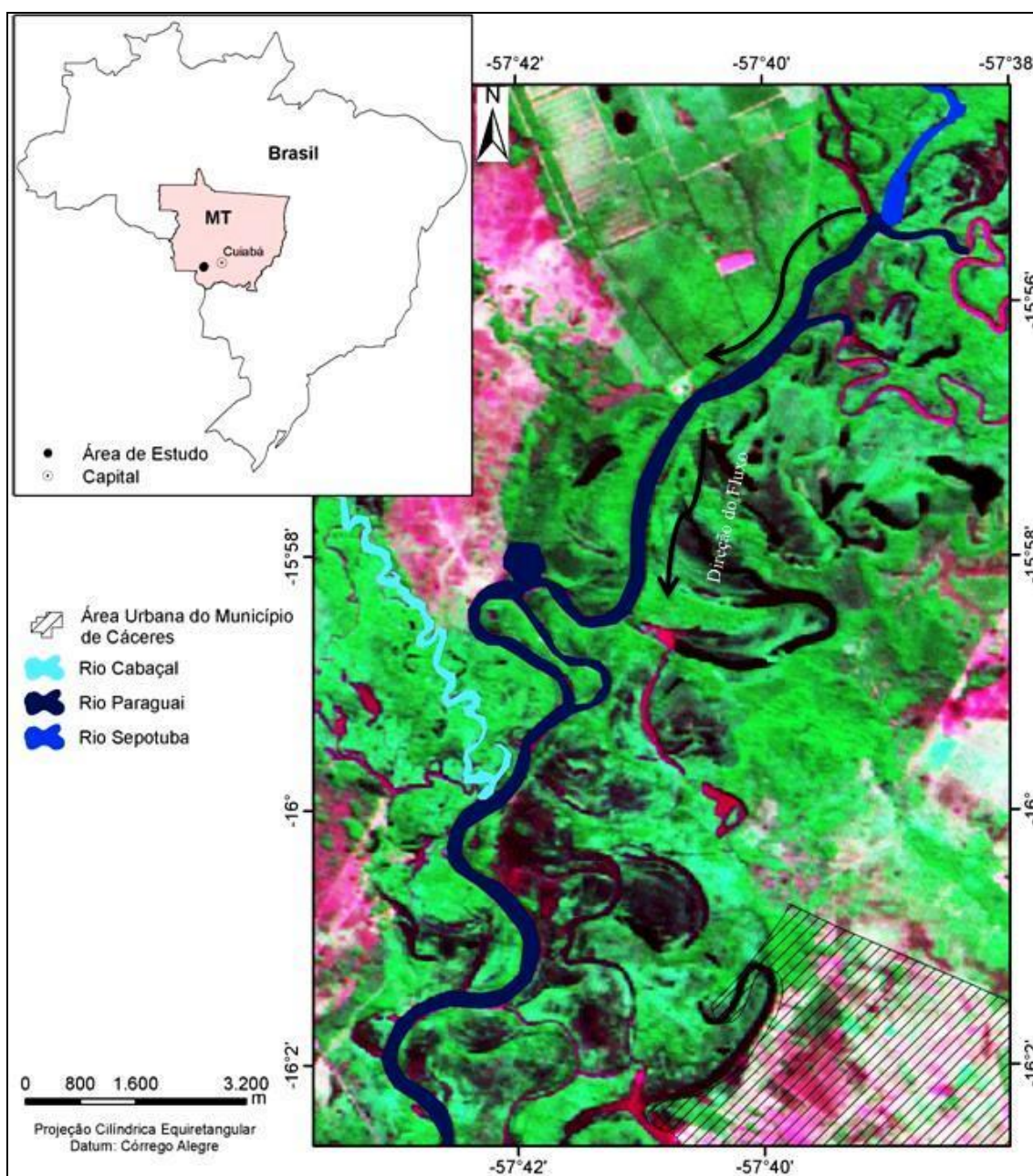
O leito do rio Paraguai é sinuoso e em suas margens predominam terrenos planos que condicionam durante o período de cheia uma vasta área de inundação. Por ser um rio meandrante, é comum encontrar barras laterais e diques, devido à ação da erosão e à deposição fluvial.

No segmento estudado, o rio Paraguai apresentou o grau de sinuosidade de 1,4. A margem esquerda é caracterizada como planície de inundação. Nesta margem, encontram-se terraços abandonados. Em alguns trechos, a mata ciliar foi totalmente retirada para a prática de atividades agropecuárias.

A bacia hidrográfica do rio Sepotuba drena 11.460 km<sup>2</sup>, com vales estreitos e cobertos por vegetação densa. A planície de inundação é limitada, mesmo no baixo vale. Próximo à foz, a área de inundação é extensa com vários meandros abandonados (CARVALHO, 1986).

Na confluência do rio Sepotuba com o rio Paraguai existe uma bifurcação do canal, formando dois canais. Também se encontram na foz algumas ilhas fluviais, vários bancos de sedimentos e barras submersas. A mata ciliar apresenta-se densa e conservada, com ampla planície de inundação.

O rio Cabaçal possui área de 6.040 km<sup>2</sup>, com vales íngremes. No baixo curso, a mata ciliar chega a medir cerca de 1,05 km de largura e em sua planície de inundação existem vários meandros abandonados (GOOGLE EARTH, 2006).



**Figura 1:** Localização da área de estudo, rio Paraguai, entre a foz dos rios Sepotuba e Cabaçal

Elaboração: das autoras, a partir da imagem de satélite Landsat Órbita 227, ponto 71. Datada de 06/05/2008

O rio bifurca-se em dois canais pelo acúmulo de sedimentos na calha, por isso o canal secundário encontra-se quase totalmente obstruído, o que dificulta o escoamento da água no período de estiagem. Algumas feições morfológicas são encontradas em sua foz, como, por exemplo, bancos laterais e centrais, barras submersas, ilhas fluviais e intensa sedimentação na planície de inundação.

### *Materiais*

Na área de estudo, foram instalados 24 pinos distribuídos nas 7 seções selecionadas (três pinos por seção), sendo que na seção 7 não foi possível colocar pinos devido à resistência do material do barranco (Figura 2).



**Figura 2:** Instalação dos pinos na margem côncava

Os pinos são vergalhões de  $\frac{3}{4}$  de diâmetro com comprimento de 50 cm, dos quais 40 cm são inseridos perpendiculares à face do barranco e 10 cm ficam expostos para o monitoramento da erosão. A verificação do recuo das margens foi realizada após o período da cheia.

Para a coleta do material de fundo, foi utilizado o equipamento Van Veen, pegador de mandíbulas. Este equipamento possui um dispositivo que, ao tocar o fundo do canal, se fecha e permite coletar o material do leito.

Para a coleta de sedimentos em suspensão, utilizaram-se garrafas plásticas com capacidade de 1 L.

### *Procedimentos metodológicos*

O trabalho de campo foi realizado em três etapas:

a) a primeira etapa ocorreu no período de estiagem (novembro de 2008), tendo como meta colocar nas margens os pinos e estacas para o monitoramento da erosão marginal e também a coleta de sedimentos do barranco para análise da composição granulométrica;

b) a segunda etapa foi realizada no período de cheia, a fim de coletar sedimentos de fundo e suspensão no canal do rio Paraguai, entre a foz do rio Sepotuba e a foz do rio Cabaçal;

c) a terceira etapa ocorreu no período de estiagem (agosto de 2009) e teve como finalidade verificar o recuo da margem, através da medida dos pinos e estacas deixadas na etapa anterior e a coleta de sedimentos de fundo e suspensão da calha do rio Paraguai.

A vazão do canal varia entre os períodos de cheia e estiagem, o que provoca oscilação no nível da água. A vazão média mensal do rio Paraguai (1968 a 1995) variou de 249 a 1019 m<sup>3</sup>/s na estação fluviométrica de Cáceres (SOUZA, 2004).

#### *Instrumentação com pinos e estacas*

Para o monitoramento da erosão marginal, foram escolhidas 7 seções, distribuídas ao longo do trecho estudado. O critério das escolhas das seções ocorreu a partir da análise do comprimento do percurso estudado, afim de que a distância entre uma seção e outra ficasse semelhante. Os pinos foram instalados na margem côncava.

A característica do barranco foi fator importante para estabelecer a distância de um pino a outro, ou seja, tanto a altura como a diferença textural percebida visualmente definiram a distância, não havendo padronização. O primeiro pino foi colocado a 0,5 m acima da lamina d'água, os demais foram colocados de acordo com a altura do barranco. Porém, nos locais onde a base se encontrava solapada não foram inseridos pinos.

O método dos pinos foi amplamente revisado pelos pesquisadores Wolman (1959), Leopold et al (1966), Knighton (1973), Fernandez (1990), Cunha (1996), dentre outros, e no Brasil foi adaptado por Fernandez (1990) para rios tropicais.

Esse método consiste na colocação de pinos ou pregos perpendiculares à face do barranco, sendo o recuo medido pelo grau de exposição dos pinos ou pregos.

### *Estacas*

O monitoramento com estacas serve para garantir o controle de erosão caso ocorra desbarrancamentos que provoquem a perda dos pinos. Essa técnica foi adaptada por pesquisadores brasileiros para medir erosão fluvial. Entre os pesquisadores que usaram essas técnicas, destacam-se os trabalhos de Fernandez (1990), Souza (1998, 2004), Guerra e Cunha (1996) e Souza e Silva (2005).

Essa técnica se constitui na instalação de estacas de madeira com 10 cm, expostas na parte superior das margens e 2,0 metros longe da calha do rio, posicionadas de forma que não sejam afetadas por prováveis desmoronamentos e retiradas pela ação dos habitantes locais (HUGHES, 1977).

Na área de estudo, foram colocadas 8 estacas, na mesma seção onde os pinos foram inseridos. O recuo da margem foi medido pela diferença da distância entre a estaca e a margem.

### *Coletas de sedimentos das margens*

Nas seções monitoradas (I a VII) foram coletadas amostras da margem. As coletas das amostras compostas consistiram na junção dos sedimentos da base, meio e topo, formando uma única amostra. Na nona seção, foram coletadas duas amostras simples, uma no topo e outra na base, devido à constatação visual da diferença textural do material da margem entre a base e o topo (Quadro 1).

**Quadro 1:** Pontos de coleta dos sedimentos da margem no rio Paraguai, entre a foz dos rios Sepotuba e Cabaçal

Ponto de Coleta	Localização
01	Rio Sepotuba próximo a confluência com rio Paraguai (15°55'20"S e 57°38'55"W)
02	Confluência do rio Sepotuba com o rio Paraguai (15°55'23"S e 57°39'02"W)
03	Rio Paraguai (15°55'35"S e 57°39'17"W)
04	Próximo a confluência do rio Cabaçal e Paraguai (15°59'48"S e 57°42'13"W)
05	Confluência do rio Cabaçal com o rio Paraguai (15°59'53"S e 57°42'18"W)
06	Abaixo da confluência do rio Cabaçal e Paraguai (16°00'01"S e 57°42'26"W)
07	Fazenda Ximbuva (15° 58' 28" S e 57° 42' 22" W)

Fonte: elaborado pelas autoras, 2009.

As amostras foram colocadas para secagem no laboratório e processadas pelo método de peneiramento (SUGUIO, 1973).

### *Trabalho de gabinete*

#### *Altura da margem*

A dimensão vertical da margem é fator que influencia na intensidade de erosão fluvial. As margens altas, quando submetidas às mesmas condições, apresentam maior recuo em comparação às margens médias e baixas. Para definir a altura foi utilizada a proposta de Souza (2004), a qual define padrões de altura: a margem baixa menor que 1m, a margem média (1 a 3 m) e a margem alta (acima de 3 m), que são geralmente íngremes ou rampeadas.

#### *Quantificação da magnitude da erosão marginal*

A quantificação da magnitude da erosão marginal, após a medição, foi calculada utilizando-se a seguinte fórmula (FERNANDEZ, 1996):

$$Em = (L_1 - L_0) / t$$

Onde:  $Em$  = Magnitude da erosão (cm/dia ou cm/mês);  $L_1$  = Comprimento do pino exposto pela erosão (cm);  $L_0$  = Comprimento exposto inicialmente, padronizado em 10 cm;  $t$  = Tempo transcorrido (dias ou meses) entre cada campanha (coleta).

A erosão acumulada foi calculada pelo grau de exposição do pino, que possui inicialmente 10 cm. A diferença no recuo do pino determina a erosão acumulada.

Para o cálculo de sinuosidade do canal, foi utilizada a proposta de Friend e Sinha (1993). A equação para o grau de sinuosidade é o comprimento em linha reta dividido pelo comprimento do segmento em seu curso natural. Quando o resultado for inferior a 1,5, o canal possui baixa sinuosidade. Se for superior a este número, é um canal de alta sinuosidade.



### *Análise de Laboratório*

#### *Análise granulométrica utilizando o método de pipetagem (dispersão total)*

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

Os procedimentos constaram das 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 solução dispersante (NaOH 0,1M.L-1) e água destilada (100 ml). Em seguida, o conteúdo dos béqueres foi agitado com um bastão de vidro, tampado com um vidro de relógio e deixado em repouso por uma noite.
- Transcorrido o período de repouso, as amostras foram novamente agitadas, durante 15 minutos mecanicamente no Agitador de Wagner (TE-160).
- Na sequência, o material foi lavado numa peneira de 20 cm de diâmetro e malha de 0,053 (nº270), apoiada sobre um funil que tinha logo abaixo uma proveta de 1.000 ml. O silte e a argila passaram para a proveta de 1.000 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 conforme tabela de temperatura e tempo de sedimentação.
- Transcorrido o tempo de sedimentação, foi introduzida uma pipeta no interior da proveta até a profundidade de 5 cm, sendo em seguida aspirada a suspensão (fração argila).
- Ao fim do processo, tanto o material da pipeta (suspensão coletada) quanto da peneira foram transferidos para béqueres identificados de acordo com o ponto de coleta e levados à estufa modelo TE-394/2 a 120°C.
- Concluída a secagem, foi realizada pesagem e foram calculados os percentuais de areia, silte e argila para cada amostra, a fração silte equivale à diferença da soma areia/argila das 20 g iniciais.
- Foram realizados três ensaios por ponto de coleta para obtenção da composição média do material de fundo.

#### *Análise granulométrica utilizando o método de peneiramento*

A quantificação das frações de areia (grossa, média e fina) foi obtida com o Peneiramento. O material retido, na peneira de 20 cm de diâmetro e malha de 0,053 (nº 270) pela Pipetagem-dispersão total, foi secado em estufa. Posteriormente, foi submetido ao processo mecânico de Peneiramento no Agitador Eletromagnético, com uma sequência de peneiras padronizadas, por 30 minutos. O material retido em cada uma das peneiras foi pesado separadamente (SUGUIO, 1973).

A areia retida nas peneiras de 4,75 mm e 2,36 mm foi considerada grossa; aquela que passou pela peneira de 2,36 mm, mas ficou retida nas peneiras de 1,18 mm e 600 µm foi considerada média e, finalmente, a areia retida nas peneiras de 300 µm a 75 µm foi classificada como fina. Essa escala foi adaptada da American Society for Testing and Materials – ASTM (SOUZA et al, 2012).

As amostras de sedimentos de fundo foram analisadas no Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial (LAPEGEOF) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT).

#### *Método de evaporação*

Na execução desse método, usa-se diminuir a amostra pelo repouso da mistura por 24 horas, retirando o excesso de líquido isento de sedimento. É importante e necessária a determinação da quantidade de sais solúveis, o que é feito pela retirada de três pipetas de 50 ml da parte isenta de sedimento (água sobrenadante após 24 horas de repouso) para secagem em estufa e obtenção do valor médio.

A amostra água-sedimento agora reduzida na sua quantidade de água é colocada em recipiente adequado à evaporação (béquer) e levada à estufa para secagem. Depois de alguns instantes ou horas, quando o sedimento estiver visualmente seco, deixa-o por mais duas horas na estufa, em seguida, remove-se para o dessecador, para posterior pesagem (CARVALHO et al, 2000).

## **Resultados e discussão**

### *Seções monitoradas*

#### *Seção I*

Na seção I, próxima da confluência do rio Sepotuba com o rio Paraguai, o comportamento da argila na alternância do período seca e cheia favoreceu a ocorrência da erosão por desmoronamento em blocos. Além disso, a altura e posição da margem (côncava) e a presença do silte, que age como inibidor de coesão da argila, contribuíram para o recuo da margem e fez com que a magnitude de erosão variasse entre 0,88 a 2,77 cm/mês. Neste trecho, a mata ciliar encontra-se conservada (Quadro 2).

**Quadro 2:** Características e dados de erosão nas margens do rio Paraguai, entre a foz dos rios Sepotuba e Cabaçal, por meio de pinos e estacas de erosão

Fonte: elaborado pelas autoras.

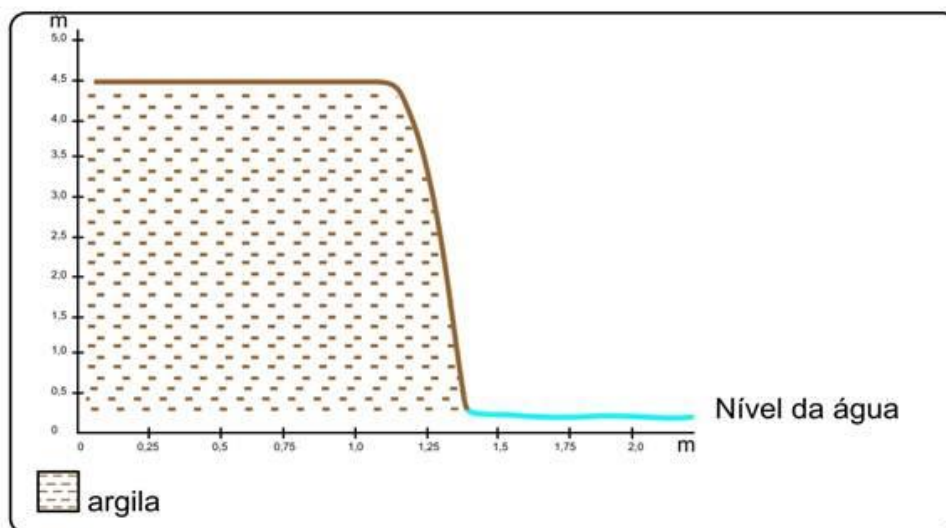
Seção	Altura da margem (m)	Local que foram instalados os pinos	Tempo decorrido (meses)	Pinos de erosão			Erosão por estacas
				Pinos exposto inicial (cm)	Erosão acumulada (cm)	Magnitude de erosão (cm/mês.)	Recuo da margem (m)
01	4,5	Base	09	10	25	2,77	0,05
		Meio		10	8	0,88	
		Topo		10	8	0,88	
02	9,5	Base	09	10	-	-	-
		Meio		10	29	3,22	
		Topo		10	29	3,22	
03	12	Base	09	10	32	3,55	-
		Meio		10	6	0,66	
		Topo		10	-	-	
04	10,5	Base	09	10	-	-	-
		Meio		10	20	2,22	
		Topo		10	11	1,22	
05	4,48	Base	09	10	30	3,33	0,10
		Meio		10	30	3,33	
		Topo		10	18	2,00	
06	8,2	Base	09	10	10	1,11	-
		Meio		10	20	2,22	
		Topo		10	26	2,88	
07	3,4	--	09	-	-	-	0,82

A altura e verticalidade da margem favorecem a atuação dos processos erosivos. A margem é alta e íngreme e se encontra na parte côncava do rio Paraguai (Figura 3).

O estudo realizado por Souza (2004) no rio Paraguai mostra que as margens altas, quando comparadas às margens médias, e estando submetidas às mesmas condições ambientes, apresentam maior taxa de recuo.

A análise da composição granulométrica mostrou predominância de argila 54,73%, seguido por silte 42,05% e areia 3,21%. Apesar de a argila ser o principal componente granulométrico e a mata ciliar estar preservada, a margem apresentou

instabilidade. A erosão, nessa margem, é justificada pela presença da própria argila e do silte.



**Figura 3:** Tipo de margem da seção I do rio Paraguai, entre a foz dos rios Sepotuba e Cabaçal  
Fonte: elaborado pelas autoras, 2009.

A argila desta seção possui alta plasticidade. Os estudos de Souza e Cunha (2009) constataram que, embora a argila presente no barranco do rio possua alto teor de plasticidade quando está molhada, no período de estiagem, com a redução da umidade, ela se torna dura e seca, favorecendo o aparecimento de rachaduras que podem evoluir para fendas, o que tornaria a margem susceptível a erosão por desmoronamento em blocos.

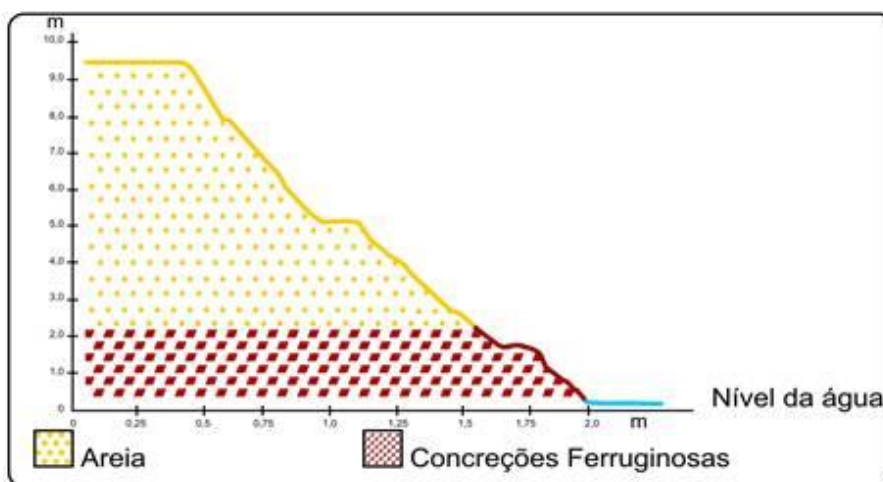
Esse comportamento é típico de argila rica em argilominerais 2:1, com propriedades de expansão e contração, tais como a montimolonita e vermiculita, que tendem a dificultar a infiltração da água, favorecendo a erosão.

### *Seção II*

No primeiro patamar, onde foram encontradas as concreções, observou-se intensa erosão fluvial. A força hidráulica pode ter ocasionado fissura e provocado a erosão em blocos e a perda do pino. Em razão disso, a magnitude não pôde ser medida (Quadro 2).

No segundo patamar e no terceiro, onde há predominância de areia, material propenso à erosão, devido à baixa coesão, a magnitude da erosão chegou a 3,22 cm/mês. Desse modo, pode-se dizer que a erosão dessa margem está vinculada, principalmente, à composição granulométrica e à falta de vegetação.

No topo da margem, a mata ciliar apresenta-se parcialmente preservada e com barranco rampeado. O primeiro e o segundo patamar possuem material arenoso e o terceiro patamar, situado próximo ao nível da água, registra a presença de concreções ferruginosas (Figura 4).



**Figura 4:** Tipo de margem da seção II do rio Paraguai, entre a foz dos rios Sepotuba e Cabaçal  
Fonte: elaborado pelas autoras, 2009.

A ocorrência de concreções está relacionada à variação do nível d'água que promove a redução e, posteriormente, a oxidação do ferro presentes nos componentes do solo (CURI et al, 1993). A oxidação ocorre principalmente nos primeiros metros da superfície, sendo efetiva na faixa acima da zona de saturação permanente e está estreitamente ligada à ação da água (CASSETI, 2005). As concreções são misturas de partículas finas de quartzo e óxido de Fe na forma de grãos ou nódulos, variando no tamanho, forma, dureza e cor (CURI et al, 1993).

Nos locais com oscilação do nível da água, ocorrem condições favoráveis ao intemperismo químico, principalmente no que diz respeito ao grau de oxidação, promovendo o surgimento de cores avermelhadas, indicando concentração de óxido de ferro (LEPSCH, 2002), como é o caso do sedimento da margem dessa seção.

A areia é o componente principal dessa seção, inclusive na camada onde ocorrem as concreções. A maior flutuação de água na base, associada à areia, possui poros maiores e permitiu a infiltração e a circulação do ar, contribuindo, assim, para o aparecimento de concreções ferruginosas.

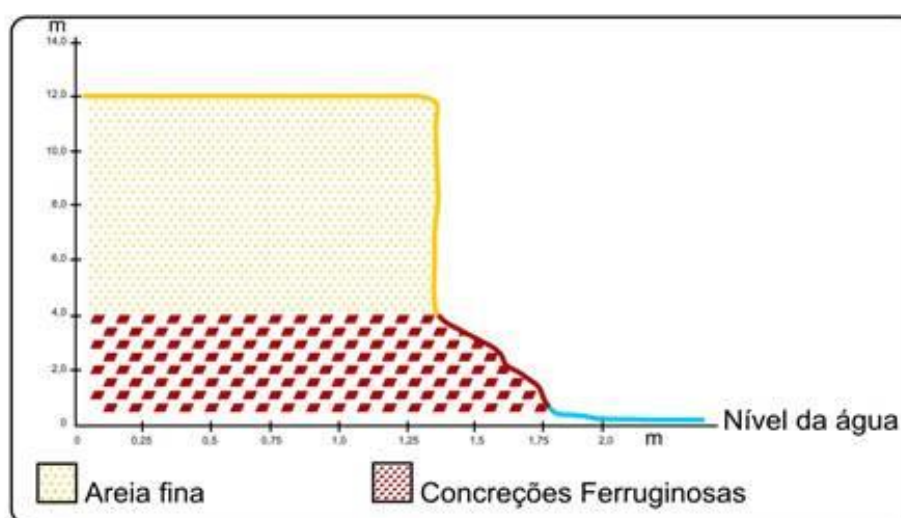
O material que compõe o sedimento da margem dessa seção é areia 90,81% (69,94% areia fina), argila 5,86% e silte 3,33%. A composição granulométrica da margem e a ausência parcial da vegetação contribuíram para a sua erosão.

### Seção III

A seção III situa-se à margem direita do rio Paraguai, na Barranqueira da Serraria Cáceres, apresenta barranco alto e rampeado na base (Figura 5).

A magnitude da erosão variou entre 0,66 a 3,55 cm/mês. Verificou-se que a erosão foi maior na base, mesmo sendo as mesmas constituídas de concreções. Em geral, as concreções são mais resistentes à erosão. No entanto, em ambiente fluvial, a ação hidráulica da água pode causar fissura e contribuir para aumentar a erosão acumulada (Quadro 2).

Nesse setor, a mata ciliar foi totalmente retirada para o plantio madeireiro de *Tectona grandis*, conhecida como “teca”, apreciada pela qualidade de sua madeira.



**Figura 5:** Tipo de margem da seção III do rio Paraguai, entre a foz dos rios Sepotuba e Cabaçal  
Fonte: elaborado pelas autoras, 2009.

De acordo com Oliveira (2006), a erosão da margem depende, sobretudo, das características do barranco (altura, geometria, estrutura, propriedades mecânicas de seus constituintes).

Essa margem possui características de antigos terraços fluviais que representam planícies que foram abandonadas. Sua origem está vinculada à oscilação climática de diminuição de débito, também como resultado de movimentos neotectônicas (SHIRAIWA e USSAMI, 1995, apud ROSESTOLATO FILHO, 2006).

De acordo com o Radambrasil (1982), no trecho estudado é possível encontrar terraços que constituem os aluviões recentes, os quais são constituídos por vários tipos de materiais.

Nesta seção, o terraço é constituído por areia 83,94% e silte 16,42%, sendo a fração de argila inexistente. A areia presente na margem propiciou maior ajuste nas partículas, causando empacotamento da margem.

A predominância de areia fina induz melhor ajuste das partículas, reduzindo, por conseguinte, o espaço poroso e aumentando o adensamento do solo, o que torna clara a influência do tamanho das partículas no processo de adensamento ou compactação (SILVA et al, 2001).

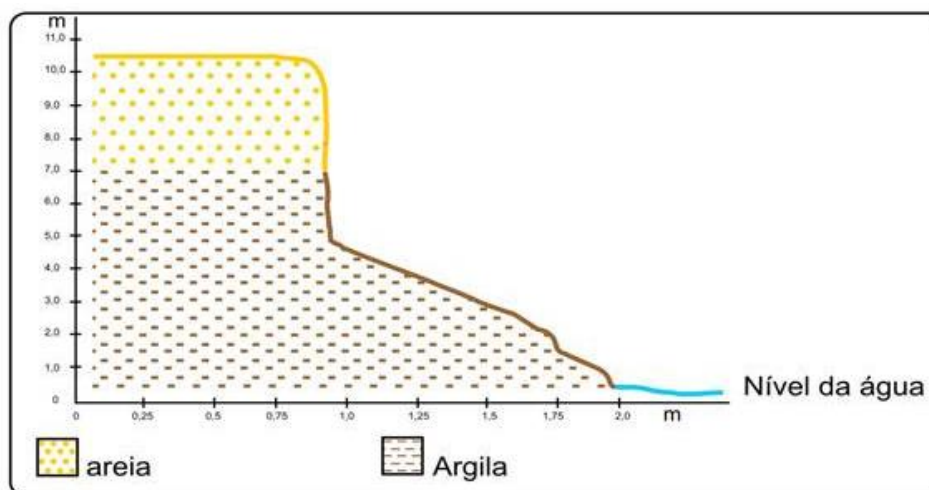
A ocorrência de concreções na base do barranco próximo ao nível da água está relacionada à segregação de transporte e concentração dos íons de compostos de Fe, provenientes do material de origem (terraço fluvial) ou de áreas mais elevadas, associada à flutuação da água.

#### *Seção IV*

A seção IV situa-se à margem direita, no Estirão do Barranco Alto. O barranco apresenta rampeado na base e íngreme no topo (Figura 6).

A característica granulométrica da margem e a altura auxiliaram na atuação da erosão marginal, fazendo com que a magnitude variasse entre 1,22 a 2,22 cm/mês (Quadro 2). A força hidráulica atuou na base, retirando o material de sustentação e isso ocasionou a erosão por solapamento.

A composição granulométrica das margens corresponde a 32,30% de areia, 32,30% de silte e 35,39% argila. Os dados mostraram que possui equilíbrio na granulometria dos sedimentos do barranco, porém insuficiente para fornecer estabilidade da margem.



**Figura 6:** Tipo de margem da seção IV do rio Paraguai, entre a foz dos rios Sepotuba e Cabaçal

Fonte: elaborado pelas autoras, 2009.

A expressiva fração do silte e areia reduziram a coesão da argila. Tal fato tornou a margem vulnerável à erosão. Segundo Rezende (1985), a erosão tende a ser maior em solos com maiores teores de silte e areia e menor nos solos argilosos.

A presença de areia média (47,78%) também colaborou para reduzir a estabilidade da argila, o que tornou essa margem susceptível à erosão marginal. No trabalho de Casseti (1987/1988), em Palmelo de Goiás, o autor constatou que o solo com alto teor de argila, mas com presença de areia, torna o solo friável, e conseqüentemente, favorece a atuação dos processos erosivos.

### Seção V

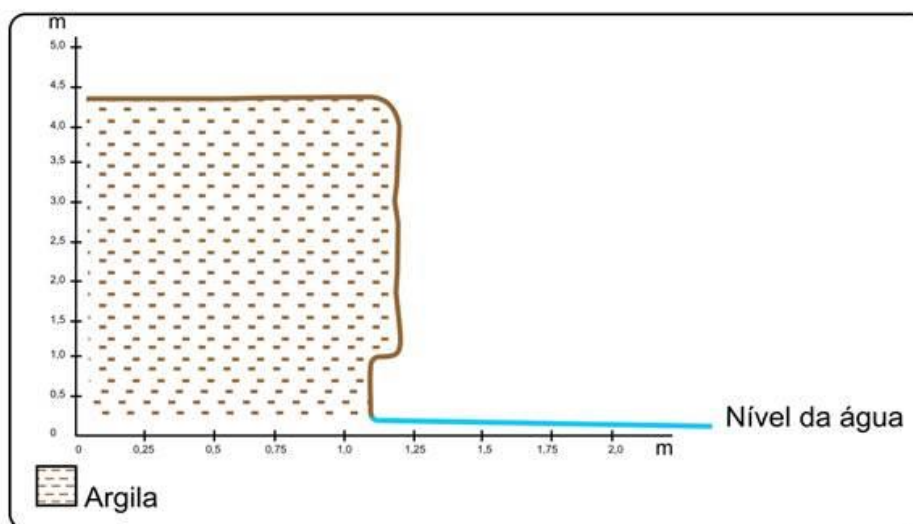
A seção monitorada encontra-se à margem esquerda do rio Paraguai, acima da Boca da Piraputanga. O barranco é íngreme com 4,48 m de altura, registrando o processo erosivo na base.

A magnitude de erosão dessa margem varia em 2,00 a 3,33 cm/mês (Quadro 02) e a maior magnitude ocorreu na base. A baixa resistência da margem, associada



ao fluxo hidráulico, contribuiu para a retirada dos sedimentos da base, o que fez destruir a sustentação, ocasionando o solapamento. A mata ciliar encontra-se preservada.

O processo de desmoronamento, que acontece nas margens, está relacionado principalmente à composição granulométrica do sedimento, o que promove a erosão diferenciada, erodindo a parte inferior da margem durante o período chuvoso. No período de estiagem, o excesso de peso na parte superior provoca o solapamento da margem. As margens altas contribuem para desencadear erosão por desmoronamento, principalmente nas faces das margens constituídas por areias ou interestratificadas (areias e argilas) (Figura 7).



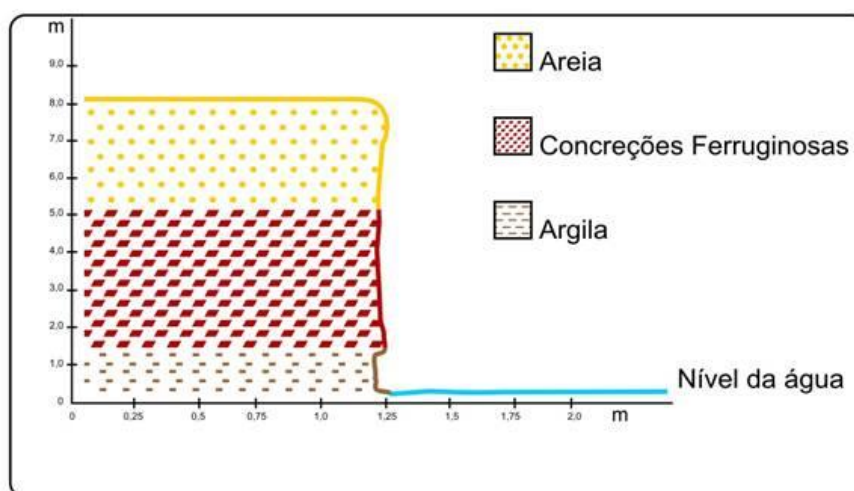
**Figura 7:** Tipo de margem da seção V do rio Paraguai, entre a foz dos rios Sepotuba e Cabaçal  
Fonte: elaborado pelas autoras, 2009.

Na análise granulométrica, constatou-se a presença de argila 52,22%, silte 46,57% e areia 1,20%. Vale salientar que mesmo havendo predominância de argila, material de alta coesão, a margem apresentou instabilidade.

### Seção VI

A seção VI situa-se à margem esquerda na Boca da Piraputanga. A margem apresenta-se íngreme, com três camadas distintas: areia, concreção ferruginosa e argila (Figura 8).

No primeiro pino, instalado em concreção ferruginosa, a magnitude de erosão foi de 1,11 cm/mês. Na parte intermediária, entre as concreções e o topo (areia), a magnitude foi de 2,22 cm/mês (Quadro 2). A presença de areia diminuiu a resistência, fazendo com que houvesse maior erosão. No topo, onde predomina a areia, material propenso à erosão, a magnitude chegou a 2,88 cm/mês. A areia é facilmente transportada pela água, devido a baixa coesão das frações. A mata ciliar encontra-se parcialmente conservada.



**Figura 8:** Tipo de margem da seção VI do rio Paraguai, entre a foz dos rios Sepotuba e Cabaçal

Fonte: elaborado pelas autoras, 2009.

A composição granulométrica da margem registrou alta concentração de areia 90,71 %, seguido de silte 5,15% e argila 4,13%. A base apresentava maior atuação do processo de erosão e, por isso, não sustentava os pinos que precisaram ser inseridos a partir da camada com concreções.

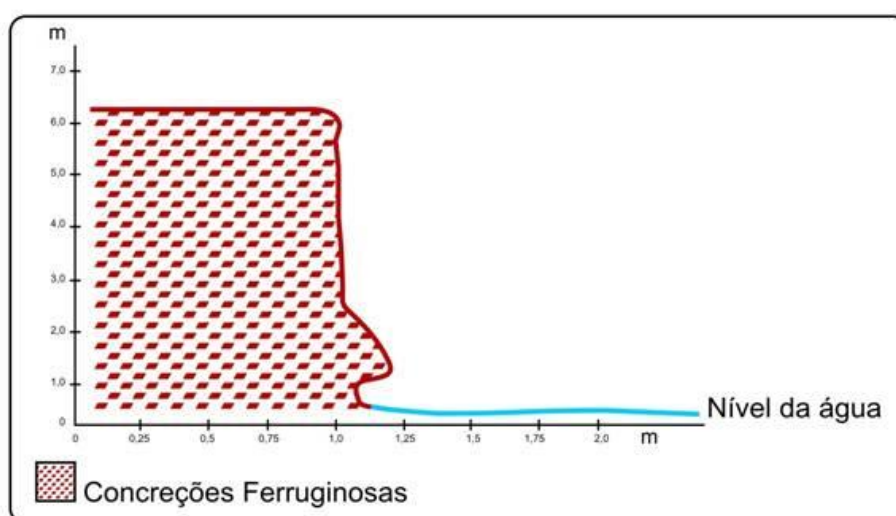
### Seção VII

A seção VII encontra-se na Fazenda Ximbuva. O barranco apresenta-se íngreme (Figura 9). É composto por estratos de concreções, o que sugere sucessivas fases de deposição em diferentes momentos, com características de antigo terraço fluvial, que não inunda no período de cheias.

O recuo da margem foi de 0,82 metros no período analisado (Quadro 02). A força hidráulica e a posição da margem (côncava) contribuíram para a atuação do

processo erosivo por solapamento. Outros fatores que auxiliaram foram a falta da mata ciliar, retirada para a prática da atividade pecuária.

Segundo Popp (1998), os estratos concordantes são uma sequência deposicional, composta de sucessão de estratos, relacionados e limitados em sua base e topo por discordância. Esta sequência deposicional é depositada durante um determinado intervalo de tempo que pode ser longo ou curto, formando camadas.



**Figura 9.** Tipo de margem da seção VII do rio Paraguai, entre a foz dos rios Sepotuba e Cabaçal

Fonte: elaborado pelas autoras, 2009.

Deste modo, foi verificado que nessa margem há sequências estratigráficas físicas, com seus limites caracterizados por discordância. Os diferentes estágios de depósitos de sedimentos constituíram a margem em estratos testemunhas de que, no passado, houve alternância de clima e, conseqüentemente, depósitos de sedimentos.

Os estratos são compostos de concreções ferruginosas, comuns em ambientes de oscilação do nível do lençol freático, reforçando a ideia de que, no passado, a área correspondia ao leito maior.

A composição granulométrica da margem é composta por argila 16,01%, silte 3,76% e, principalmente, por areia 80,22%.

## Considerações finais

A magnitude de erosão fluvial chegou a 3,55 cm/mês e o valor médio da erosão corresponde a 1,86 cm/mês nas seções monitoradas. Os dados sobre a composição granulométrica mostraram que, apesar de existirem seções com predominância de argila e com presença de concreções ferruginosas, estas foram insuficientes para dar estabilidade à margem.

A argila, apesar de ser material de boa coesão, poderia ter tornado a margem resistente ao trabalho da água. Contudo, a presença de silte nessas seções pode ter reduzido a coesão da argila. Outro fator que pode explicar a erosão na seção é a própria característica da argila, pois ela possui alto teor de plasticidade e, quando molhada, expande-se; no período de seca, torna-se dura e seca devido à redução da umidade, o que favorece o aparecimento de fendas e, como consequência, causa a erosão marginal por desmoronamento em blocos.

A oscilação do lençol freático contribuiu para a formação de concreções ferruginosas. Apesar das concreções serem resistentes, a força hidráulica ocasionou fissura, o que provocou a erosão em blocos.

A estabilidade da margem está diretamente ligada às suas propriedades físicas que a mantêm resistente à erosão. Além dessas propriedades, outros fatores influenciam na variação da erosão fluvial, tais como: a característica e uso da margem e, principalmente, a força hidráulica. Esses fatores contribuem para a erosão por desmoronamento causada geralmente pelo solapamento da margem.

A erosão causa danos econômicos, sociais e ambientais, uma vez que há perda de terras e, por sua vez, o material erodido promove o assoreamento.

O monitoramento possibilitou avaliar a taxa de erosão marginal no rio, mas é insuficiente para a previsão de perda anual. Isso porque o período analisado foi extremamente pequeno. Para tanto, será necessário o monitoramento regular, acompanhando detalhadamente os dados de velocidade de fluxos, a fim de verificar se as taxas de erosão persistirão em ser intensas.

Desse modo, somente com os monitoramentos das margens, pode-se sugerir proposta de contenção dos processos erosivos, mas sugere-se que se mantenha a mata ciliar preservada e que se faça a recuperação da mata ciliar e monitoramento

das atividades de pesca e turismo e não se permita o uso das margens para fins agropecuários.

## Referências

BAYER, M.; CARVALHO, T. M. processos morfológicos e sedimentos no canal do Rio Araguaia. *Revista de estudos ambientais*, v.10, n. 2, p. 24-31, 2008.

BORGES, C. Z. *Erosão marginal no Rio Paraná após a conclusão do reservatório da Uhe Sérgio Motta (Porto Primavera) a jusante da barragem*. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

CARVALHO, N. O. Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONOMICO DO PANTANAL, 1., 1984, Corumbá. *Anais...* Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. P. 43-49.

\_\_\_\_\_. *Hidrossedimentologia prática*. Rio de Janeiro: Editora da CPRM,1995. 372 p.

CASADO, A. P. B.; HOLANDA, F. S. R.; ARAÚJO Filho, F. A. G.; YAGUIU, P. Evolução do processo erosivo na margem direita do Rio São Francisco (perímetro irrigado Cotinguiba/Pindoba – SE). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, p. 231-239, 2002.

CASSETI, V. Os desbarrancados de Palmelo – GO. *Boletim Goiano de Geografia*, Goiânia, v. 7/8, n.1/2, p. 53-73, 1987/1988.

\_\_\_\_\_. *Geomorfologia*. [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 7 mai. 2009.

CASTRO, S. S. Erosão hídrica na Alta Bacia do Rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, v. 17, p.38-60, 2005.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. P. 211-252.

\_\_\_\_\_. Bacias hidrográficas. In: CUNHA, S. B., GUERRA, A. J. T. (Org.). *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. P. 229-271.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. *Vocabulário de ciência do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90 p.

DESTEFANI, E. V.; SOUZA, E. E. Caracterização da erosão marginal no Rio Paraná na região de porto rico: período pré e pós-barragem de Porto Primavera. ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2002, Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002.

DNOS – Departamento Nacional de Obras e Saneamento. *Estudos hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai*. Rio de Janeiro: Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento, 1978. 284 p. (Relatório Técnico).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de métodos de análises de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

FERNADEZ, O. V. Q. *Mudanças no Canal Fluvial do Rio Paraná e Processos de Erosão nas Margens: Região de Porto Rico, PR*. 1990. 85 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

\_\_\_\_\_. *Erosão Marginal no Lago da UHE Itaipu (PR)*. 1995. 110 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

\_\_\_\_\_. O método dos pinos na quantificação da erosão marginal em rios reservatórios. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 1996, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 1996. P. 160-163.

FERNADEZ, O. V. Q.; FULFARO, V. J. Magnitudes e processos da erosão marginal no rio Paraná, trecho de Porto Rico, PR. *Geografia*, Rio Claro, n. 18, p. 97-114, 1993.

FRIEND, P. F.; SINHA, R. Braiding and Meandering Parameters. In: BEST, J. L.; BRISTROW, C. S. (Ed.). *Braided Rivers*. Geological Society Special Publication, nº 75, 1993. P. 105-111.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 345 p.

HOOKE, J. M. Magnitude and distribution of rates of river bank erosion *Earth Surface Processes and Landforms*. s/e: s/l, 1979. P. 143-157.

HUGHES, D. J. Rates of Erosion on Meander Arcs. In: GREGORY, K. J. (Ed.). *River Channel Changes*. Chichester: John Wiley, 1977. P. 193-205.

KNIGHTON, D. *River bank erosion in relation to stream flow conditions. River Bollin-Dean, Cheshire. East Midlands Geographer*, v. 5, p. 416-426, 1973.

LEOPOLD, I. B.; EMMETT, W. W.; MYRICK, R. M. *Channel and hillslope processes in a semiarid area. Geog. Surv. Prof. Paper*, New México, v. 352-6, p. 193-253, 1966.

LEOPOLD, L. *The hidrologic effects of urban land use. In: DETWYLER, T. R. Man's impact on environment*. New York: s/e, 1971.

LEPSCH, I. F. *Formação e conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.

MELO, U.; SUMMERHAYES, C. P.; TONER, L. G. Metodologia para o estudo de material em suspensão na água do mar. *Boletim Técnico da Petrobras*, Rio de Janeiro, n.18, p. 115-127, 1975.

OLIVEIRA, V. S. *Erosão marginal no baixo curso do Rio São Francisco e seus efeitos nos agroecossistemas – período: 1975-2005*. 2006. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

PENTEADO, M. M. *Fundamentos de geomorfologia*. Rio de Janeiro: IBGE, 1974. 185 p.

RADAMBRASIL. *Levantamentos dos recursos naturais*. Corumbá, Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia. Secretária Geral. Projeto RADAMBRASIL, 1982.

RESENDE, M. *Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos*. Inf. Agropec., 1985: P. 3-18.

ROCHA, P. *Dinâmica dos Canais no Sistema Rio-Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR*. 2002. 171 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

ROSESTOLATO Filho, A. *Geomorfologia aplicada ao saneamento básico na cidade de Cáceres, Mato Grosso*. 2006. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SHIRAIWA, S.; USSAMI, N. *A influência dos Andes na origem do Pantanal Matogrossense: um modelo mecânico vinculado a dados gravimétricos*. REUNIÃO ESPECIAL DA SBPC, 2., 1995, Cuiabá. *Anais...* Cuiabá: SBPC, 1995.

SILVA, A. J. *Avaliação da erosão na margem direita do rio Paraguai a jusante da praia do Julião no município de Cáceres – MT*. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres.

SILVA, R. B.; LIMA, J. M.; DIAS Junior, M. S.; SILVA, F. A. M. Influência da adição de fósforo no índice de compressão e propriedades de consistência de um Latossolo Vermelho Escuro. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, p. 261-268, 2001.

SOUZA Filho, E. E.; SILVA, A. Evidences of Recent Tectonic Control Over the High Paraguai River Channel, Closeto Cáceres City (MT). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LAND DEGRADATION AND DESERTIFICATION, 2005, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2005.

SOUZA, C. A. *Bacia hidrográfica do córrego Piraputanga-MT: Avaliação da dinâmica atual*. 1997. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. *Dinâmica do corredor fluvial do Rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT*. 2005. 175 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

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*, Três Lagoas, v. 1, p. 18-42, 2009.

SUGUIO, K. *Introdução à sedimentologia*. Edgar Blusher, 1973. 317 p.

THORNE, C. R.; TOVEY, N. K. *Stability of composite river banks*. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 6, p. 469-484, 1981.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. *Soil Sampling Quality Assurance User's Guide* – EPA 600/8-89/046. Las Vegas, NV, DC, Environmental Monitoring Systems Laboratory, 1989.

WOLMAN, M. G. Factors influencing erosion of a cohesive River Bank. *American Journal Science*, v. 257, p. 204-216, 1959.