



PANTANAL DE CÁCERES - MT: DINÂMICA DAS MARGENS DO RIO PARAGUAI ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E A ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA ILHA DE TAIAMÃ -MT

Dr^a Célia Alves de Souza¹
Dr^a Sandra Baptista Cunha²

RESUMO: A dinâmica das margens do corredor fluvial entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã foi estudada, avaliando-se a erosão acumulada em dezessete seções, durante um período de onze meses. Os dados de erosão acumulada do solo foram associados a alguns atributos das margens, tais como a composição do solo na face da margem (granulometria, densidade aparente e teor de matéria orgânica), altura do barranco, oscilação do nível da água no do rio e alternância no nível de vazão (mensal). O monitoramento da erosão das margens tem sua importância social como prevenção de desmoronamentos de barracos em áreas urbanizadas, bem como importância econômica, evitando a perda de terrenos em áreas rurais e urbanas, além de mostrar a dinâmica do canal em termos de erosão.

Palavras-chave: corredor fluvial, dinâmica, margens, erosão, acumulada.

ABSTRACT: The dynamics of the margins in the fluvial corridor between Cáceres county and the Taiamã Island Ecological Station was studied, by evaluating the accumulated erosion in seventeen sections, during 1-year period. The data of the accumulated soil erosion were associated to some attributes of the margins, such as the composition of the soil at the margin face (grain size, apparent density, and organic matter content), gully height, oscillation in the river water level, and alternation in the monthly flow rate. The accompaniment of the erosion of the edges has its social importance as prevention of collapses of barracos in urbanized areas, as well as economic importance, preventing the loss of lands in agricultural and urban areas, beyond showing the dynamics of the canal in erosion terms.

Keywords: fluvial corridor, dynamics, margin, erosion, accumulated.

INTRODUÇÃO

¹ Prof.^a Assistente no Departamento de Geografia da Universidade do Estado de Mato Grosso - revistadegeografia@unemat.br.

² Prof.^a adjunta no Departamento de Geografia da Universidade Federal Fluminense - sandracunha@openlink.com.br

Os canais fluviais são dinâmicos, pois, envolvem mecanismos de remoção de materiais, alterando suas margens, devido, principalmente, aos processos erosivos.

O fenômeno de alargamento dos canais fluviais é provocado pelos processos de erosão das margens que estão entre os elementos mais dinâmicos dos canais fluviais. O entendimento sobre seu mecanismo de atuação e a quantificação da magnitude é importante para compreender a evolução dos diversos elementos da

Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas Três Lagoas - MS, V 1 – n.º 5 - ano 4, Maio de 2007

dinâmica fluvial.

O monitoramento da erosão das margens tem sua importância social como prevenção de desmoronamentos de barracos em áreas urbanizadas, bem como importância econômica, evitando a perda de terrenos em áreas rurais e urbanas, além de mostrar a dinâmica do canal em termos de erosão.

Neste estudo, analisou-se a dinâmica das margens, medindo a erosão acumulada das mesmas, em algumas seções ao longo do perfil longitudinal, por meio da aplicação de técnicas adequadas como o pino de erosão, estacas e mastro da Marinha. Outros atributos que interferem na dinâmica das margens foram estudados, como o material (textura, densidade aparente e teor de matéria orgânica), as características da margem (altura e tipo do barranco) e vazão.

O método dos pinos foi, amplamente, revisado pelos pesquisadores WOLMAN (1959), TWIDALE (1964), LEOPOLD et al. (1966), HILL (1973), KNIGHTON (1973), HOOKE (1980), LAWLER (1987), ROCHA (1995), FERNANDEZ (1990, 1995), CUNHA (1996), SOUZA (1998), dentre outros. Foi adaptado, no Brasil, por FERNANDEZ (1990) e por SOUZA (1998) para rios tropicais.

O estudo objetivou verificar a dinâmica da margem, através da avaliação da erosão acumulada em dezessete seções, durante o período de 11 meses, comparando o grau da erosão aos atributos das margens.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área estudada corresponde à planície de inundação do alto curso do rio Paraguai, no trecho entre Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT, entre as coordenadas geográficas 16° 00' a 17° 00' de latitude Sul e 57° 30'a 58° 00' de longitude Oeste, no ecossistema pantaneiro, onde as cotas altimétricas variam de 90 a 120 m (Figura 1).

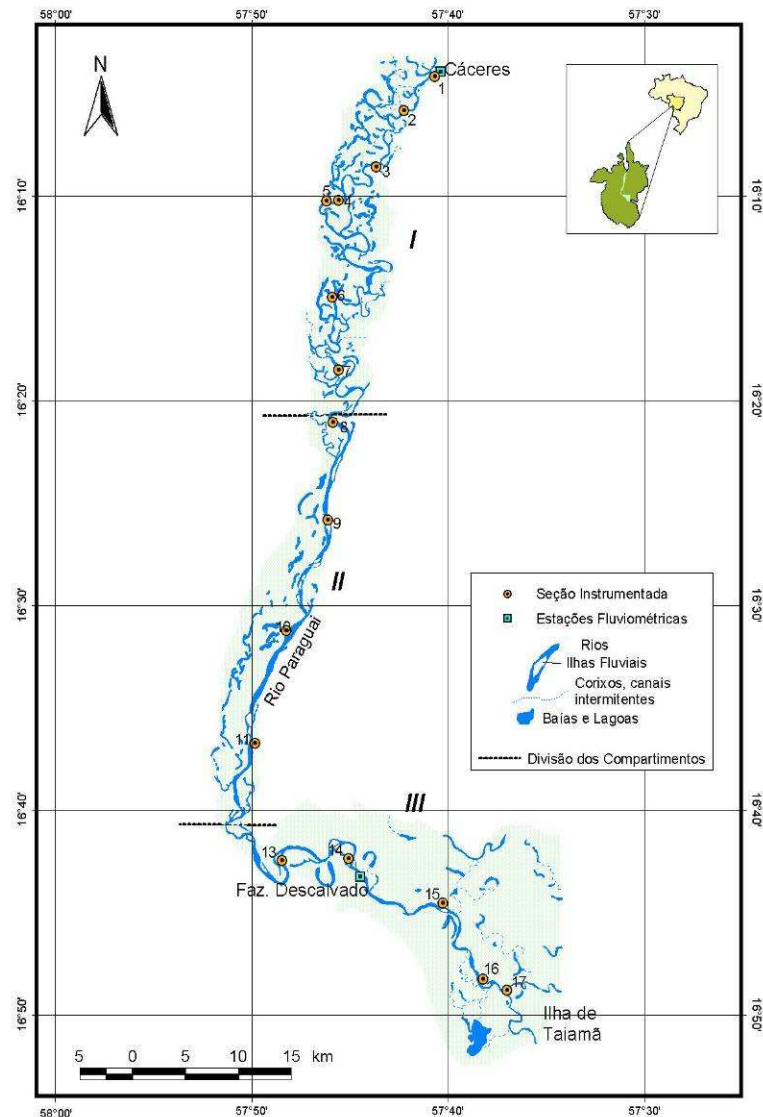


Figura 1 – O corredor fluvial do rio Paraguarí entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taimã. Localização das seções monitoradas (setembro de 2001 a agosto de 2002).

PROCEDIMENTOS

Para avaliar a erosão das margens no canal fluvial, realizaram-se os seguintes procedimentos: monitoramento da erosão e medição da altura do barranco no campo; quantificação da erosão e coleta do material da margem para análise granulométrica, quantificação do teor de matéria orgânica e densidade aparente.

❖ Composição das margens

As amostras dos sedimentos das margens foram coletadas nas seções transversais onde foram colocados os pinos. Os pontos de coleta localizavam-se a 1

m da superfície do barranco em direção ao nível da água, com exceção da amostra 1 que foi coletada a 2 m da superfície. A quantidade de amostra variou de uma a duas por seção. As amostras foram submetidas à análise granulométrica, densidade aparente e teores de matéria orgânica. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos, na Universidade Federal de Viçosa.

- **Granulometria (dispersão total)**

Amostras de 10 g de sedimentos foram mantidas por 12 horas em contato com solução de um dispersante químico ($\text{NaOH } 0,1 \text{ M.L}^{-1}$) e, posteriormente, agitadas em alta rotação (12.000 rpm) por 15 minutos (EMBRAPA, 1997). A fração argila foi determinada pelo método da pipeta, que consiste em pipetar um volume da suspensão que é seca em estufa que posteriormente é pesada. A fração areia grossa foi separada por peneira de malha de 0,2 mm e, a fração areia fina por peneira de malha 0,053 mm, as frações são secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100% que é obtido por diferença das outras frações em relação ao peso da amostra original de 10 g.

- **Densidade aparente**

Utilizou-se o método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). Amostras dos sedimentos com estrutura indeformada foram coletadas em cilindros de PVC com volume interno de 50 cm^3 .

Nesta análise, foram adotados os procedimentos descritos a seguir.

- Anotou-se o volume do anel, que contém a amostra;
- Pesou-se a amostra e seu peso foi registrado;

- A mostra foi colocada em estufa a 105°C, por 24 horas, e pesada novamente.

- **Teor de matéria orgânica**

O carbono orgânico total (COT) foi determinado por dicromatometria (extraído com $K_2Cr_2O_7$, 0,4 M.L⁻¹ e titulado com $FeSO_4$ 0,025 M.L⁻¹) por meio de oxidação induzida pelo calor, em ácido sulfúrico pelo método de Walkey-Black modificado por YEOMANS e BREMNER (1988). Para expressar os resultados em teores de matéria orgânica, foi feita a transformação, multiplicando-se o resultado pelo fator 1,72.

- ❖ **Vazões**

Os dados de vazão das estações de Cáceres e Descalvado, relativos ao período de 27 anos (1968 a 1995), foram provenientes da ANEEL.

- ❖ **Margens**

Procurou-se analisar a morfologia das margens, além de avaliar a estabilidade das mesmas, nos compartimentos morfológicos.

- ❖ **Tipos de Margens**

Para obter a morfologia das margens, a partir dos pontos monitorados, realizaram-se medições com trena e desenharam-se os croquis no campo.

- ❖ **Erosão**

Para avaliar a instabilidade das margens no canal fluvial, nos três diferentes compartimentos morfológicos, foi realizada uma campanha para instalar os pinos de erosão e estacas nas margens, próximo às placas de sinalização da Marinha. Foram escolhidas 17 seções, no trecho entre Cáceres e a ilha de Taiamã, sendo georreferenciadas com GPS (Figura 1). Neste período, foi também levantada a distância do mastro de sinalização da Marinha, em relação à face da margem. O

monitoramento da erosão do canal foi realizado, após o período de cheia, em momento em que os pinos estavam expostos.

Três procedimentos foram adotados, para avaliar a erosão das margens nas 17 seções selecionadas (Figura 2):

1) Colocação dos pinos no sentido horizontal do barraco. Esses pinos foram instalados na margem côncava do rio, distribuídos em duas colunas. O número de pinos variou de 2 a 4 pinos por coluna, sendo colocados a partir do topo, em intervalos de 30 cm com distância de 2 m entre cada coluna. Os pinos eram de aço e mediam 50 cm de comprimento e 5,16 mm de diâmetro, sendo deixado expostos 10 cm pintados de branco, para melhor identificação.

2) Instalação de estacas na margem de cada seção. Essas estacas foram instaladas à distância de 2 m da margem, em relação à calha do rio.

3) Foram medidas as distâncias da placa da Marinha, em relação à face da margem.



Figura 2 – Visualização dos procedimentos realizados para monitorar a erosão nas margens (A), mastro da Marinha (B), estaca e (C) pino de erosão.

Após monitoramento da erosão no campo, os dados foram tabulados. A magnitude da erosão foi determinada, utilizando-se a expressão (FERNANDEZ, 1990).

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

Em = magnitude da erosão (cm/mês);

L_1 = comprimento do pino exposto pela erosão (cm);

L_0 = comprimento exposto inicialmente (10 cm); e

t = tempo transcorrido (meses) entre cada campanha.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos das margens

A magnitude da erosão nas margens está associada a alguns fatores, tais como: composição das margens (granulometria e estrutura dos sedimentos); características hidrodinâmicas do fluxo (vazão e transbordamento); morfologia da margem (altura e o tipo de margem); e características ambientais (cobertura vegetal, geologia, geomorfologia, declividade, precipitação e uso do solo) (Figura 3).

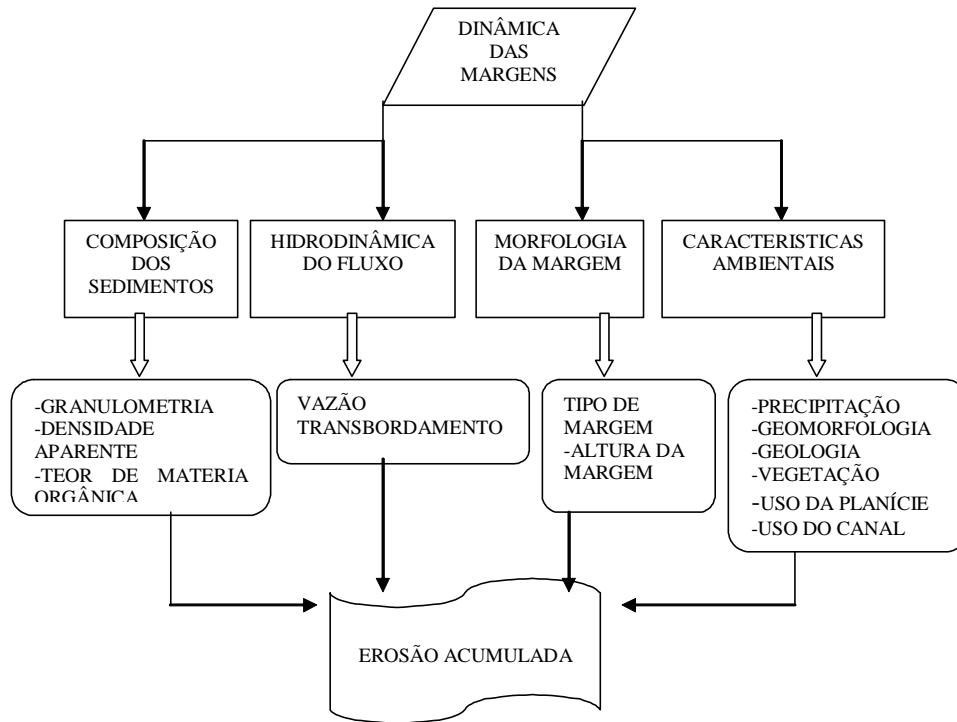


Figura 3 – Dinâmica das margens.

❖ Composição

A erosão das margens fluviais pode estar associada ao grau de umidade do material constituinte e algumas propriedades do mesmo, tais como textura, densidade aparente, teor de matéria orgânica e estrutura. A textura está relacionada ao tamanho e arranjo dos grãos, possibilitando, assim, determinar a porosidade e permeabilidade. A estrutura refere-se ao estado de agregação das partículas do material. Teores de matéria orgânica mais elevados contribuem para a agregação dos solos.

• Granulometria

A influência da classe de sedimentos sobre a retenção de água é estudada por alguns pesquisadores. CERQUEIRA et al. (1992) observaram que os materiais arenosos mais finos, apresentando pior grau de seleção e de forma que otimize o contato face a face das partículas, aumentam a quantidade de água retida,

contribuindo, portanto, para diminuir a atuação dos processos erosivos no período chuvoso, e formação de fendas no solo no período de estiagem.

Por meio da análise granulométrica do material, foi possível quantificar a porcentagem das frações areias grossa e fina; silte e argila, em cada ponto monitorado, dentro de cada um dos três compartimentos. A caracterização da textura é importante, pois, a composição granulométrica dos sedimentos influencia o tipo e grau de erosão nas margens.

Registraram-se duas formas de posicionamento dos sedimentos, na face das margens. A primeira apresenta sedimentos mais homogêneos e coesos. A segunda disposição de sedimentos (seções 4 e 6), encontra-se em camadas, no primeiro patamar; próximo ao nível da água, é constituído essencialmente por areia. Esta camada possui, aproximadamente, 1m de espessura, sendo sobreposta por uma segunda camada com material mais coeso.

Os maiores teores de fração argila foram encontrados, nas seções: 1, 2, 4a, 6a e 7 (compartimento I); 8, 9 e 10 (compartimento II); 15 e 17 (compartimento III). Os maiores teores da fração silte foram evidenciados nos pontos 6a (compartimento I) e 8 (compartimento II). Os teores de fração areia variaram de franco-argilo-arenosa a areia, destacando-se nos pontos 4b, 5 e 6b (compartimento I); 11 e 12, (compartimento II); 13, 14 e 16 (compartimento III) (Tabela 1).

Os sedimentos apresentaram uma textura fina, composta de silte e argila, em sua maioria. A concentração de argila faz com que os solos sejam muito plásticos e muito pegajosos quando estão úmidos, ao passo que, quando secos são extremamente duros, propiciando a formação de fendas, que os tornam vulneráveis à erosão, provocando o desmoronamento em blocos. Os sedimentos são

transportados pelo fluxo, ou são entulhados e transportados pelo rio no próximo período chuvoso.

Tabela 1 – Resultados da análise granulométrica, densidade aparente e teor de matéria orgânica, dos solos das margens, nas 17 seções onde foram colocados os pinos de erosão

Comp.	Ponto	Amost.	Areia grossa (dag)	Areia fina (kg ⁻¹)	Silte	Argila	Classe textural	Densidade aparente (g/cm ³)	Teor de Matéria Orgânica (%)
I	1	1	0	8	18	74	Muito Argilosa	1,68	0,05
I	2	2	0	1	17	82	Muito Argilosa	1,45	3,37
I	3	3	13	46	4	37	Argilo-arenosa	1,35	2,09
I	4	4a	0	32	30	38	Franco-Argilosa	1,47	2,23
I	4	4b	93	1	2	4	Areia	1,26	1,04
I	5	5	6	59	16	19	Franco-Arenosa	1,28	1,72
I	6	6a	0	3	40	57	Argila-Siltosa	1,62	1,77
I	6	6b	92	2	3	3	Areia	1,27	1,65
I	7	7	1	38	29	32	Franco-Argilosa	1,53	2,09
II	8	8	0	3	42	55	Argila-Siltosa	1,57	1,56
II	9	9	2	20	39	39	Franco-Argilosa	1,54	1,99
II	10	10	0	13	21	66	Muita Argilosa	1,63	1,04
II	11	11	16	64	9	11	Franco-Arenosa	1,27	1,56
II	12	12	5	72	6	17	Franco-Arenosa	1,25	0,51
III	13	13	0	61	15	24	Franco-Argilo-Arenosa	1,32	3,14
III	14	14	3	50	19	28	Franco-Argilo-Arenosa	1,31	3,14
III	15	15	0	22	29	49	Argila	1,50	2,63
III	16	16	41	44	7	8	Areia Franca	1,27	1,04
III	17	19	2	2	33	63	Muito Argilosa	1,49	1,94

Densidade aparente

De acordo com os resultados obtidos, nos materiais argilosos, a densidade aparente variou de 1.45 a 1.68 g/cm³, extrapolando o limite médio de solos argilosos (1.00 a 1.25 g/cm³), segundo KIEHL (1979). Nos arenosos, a densidade aparente variou de 1.25 a 1.32 g/cm³, mantendo-se dentro do limite médio para solos arenosos (1,25 a 1,40 g/cm³) (Tabela 1).

O alto índice de densidade aparente nos solos argilosos pode ser justificado pela própria dinâmica do canal fluvial, que possui alternância entre inundação e seca, em função do período chuvoso e de estiagem.

A coleta do material para análise foi realizada em período seco, em que o processo de umedecimento-secagem favorece maior adensamento das partículas, principalmente devido à capacidade de expansão e contração da argila. Outro aspecto a ser considerado é o fator agregante do ferro, propiciado pela ocorrência do processo de hidromorfismo na margem fluvial, que favorece a oxidação e redução, promovendo a remobilização do ferro nas faces da margem.

- **Teor de matéria orgânica**

Nos solos tropicais altamente intemperizados, a matéria orgânica é importante quanto ao fornecimento de nutrientes, retenção de cátions, estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração e atividade microbiana. A principal característica do solo afetado pela matéria orgânica é a agregação, a partir do efeito desta sobre a agregação do solo, são afetadas indiretamente, outras características físicas como densidade, porosidade, aeração, capacidade de retenção e infiltração (BAYER e MIELNICZUK, 1999).

O teor de matéria orgânica no solo é resultado do balanço entre os processos de adição de materiais orgânicos (resto de plantas e animais e outros) e perda (decomposição desses materiais, por microorganismos).

Os resultados obtidos para teores de matéria orgânica, nas 17 seções monitoradas, mostram que a maioria dos solos possui baixos teores de matéria orgânica, variando de 0,05 a 2,23 g kg⁻¹%, com exceção das seções 2, 13, 14, e 15, cujos valores de matéria orgânica atingiram 2,63 a 3,37% (Tabela 11). O menor teor de matéria orgânica foi registrado na seção 1 (compartimento I), no perímetro urbano de Cáceres, o que pode estar relacionado à ocupação da margem, acelerando a erosão através da remoção dos sedimentos ou, possivelmente, pelo ponto de coleta da amostra (dois metros no sentido da base do barranco ao nível da água).

Nas demais seções, os baixos teores de matéria orgânica podem estar relacionados à própria dinâmica anual do corredor fluvial, principalmente em virtude da erosão, transporte e deposição de materiais. Vale, aqui, ressaltar que as amostras foram coletadas na face do barraco, que propicia a remoção de materiais.

❖ **Vazão**

A vazão média mensal do rio Paraguai, estimada para 27 anos (1968 a 1995), variou de 249 a 1019 m³/s na estação fluviométrica de Cáceres, enquanto na estação fluviométrica da fazenda Descalvado a variação foi de 339 a 921 m³/s. A maior vazão média mensal, registrada nas duas estações, ocorre nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro (Figura 4).

As bacias contribuintes do rio Paraguai que possuem nascentes no planalto, apresentam os elevados valores de precipitação, parte dessa precipitação alcança o canal principalmente pelo escoamento superficial, sendo transformada em vazão, contribuindo com grande quantidade de água e carga de sedimentos para calha do rio e planície de inundação (corredor fluvial).

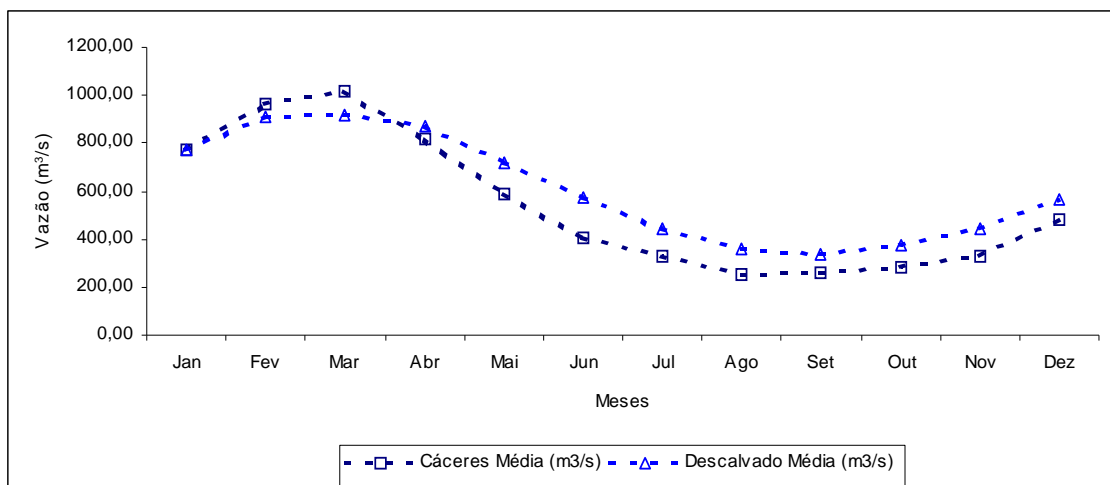


Figura 4 – Vazão média mensal no período de 27 anos (1968 a 1995) (Fonte: ANNA/ANEEL).

A baixa declividade do canal, que dificulta o escoamento faz com que a água do rio transborde para planície, abastecendo as baías e lagoas, acumulando-se

na planície. Durante o período das cheias, em alguns pontos da planície, o nível da água atinge 2m de altura. Com a diminuição do volume de água na calha do rio, no período de estiagem, parte da água transbordada retorna ao leito. A vazão varia no canal, nos períodos de cheia e estiagem, provocando oscilação no nível do rio Paraguai. Ao entrar em contato com as margens, esse fluxo contribui para remoção de sedimentos, além de provocar encharcamento.

❖ **Tipos de Margens**

As seções monitoradas encontram-se na margem côncava do rio, que é mais propícia à atuação dos processos erosivos, devido à altura da margem e sua verticalidade.

As margens instrumentadas variam de 1,20 a 3,10 m e possuem dois padrões de altura: a margem média (1 a 3 m) e a margem alta (acima de 3 m) são íngremes ou rampeadas. As margens altas, quando comparadas às margens médias, e estando submetidas às mesmas condições, apresentam maior taxa de recuo. As margens altas contribuem para desencadear erosão por desmoronamento, principalmente nas faces das margens constituídas por areias ou interestratificadas (areias e argilas).

Os processos erosivos, observados nas margens, são corrasão e desmoronamento por cisalhamento e basculamento (Figura 5). Tais processos estão relacionados à oscilação no nível da água, capacidade de transporte do fluxo e composição granulométrica dos sedimentos.

O processo de corrasão, observado nas margens, consiste de uma ação mais lenta na remoção e, geralmente, ocorre no período de cheias do rio, quando o fluxo, ao entrar em contato com as margens, vai erodido (Figura 5a).

O processo de desmoronamento por cisalhamento, que acontece nas margens está relacionado principalmente à composição granulométrica do sedimento, promovendo erosão diferenciada, erodindo a parte inferior da margem, durante o período de cheias. No período de estiagem, o excesso de peso na parte superior provoca o solapamento da margem.

O processo de desmoronamento por basculamento ocorre nas margens, que possuem maior concentração de material de granulometria mais fina (argila e silte), com alternância entre um período e outro de estiagem, provocando contínua saturação e ressecamento dos sedimentos das margens e favorecendo a formação de fendas, as quais contribuem para o desmoronamento por basculamento imediato ou deixam as margens propícias ao desmoronamento, no início do período de cheias (Figura 5b).

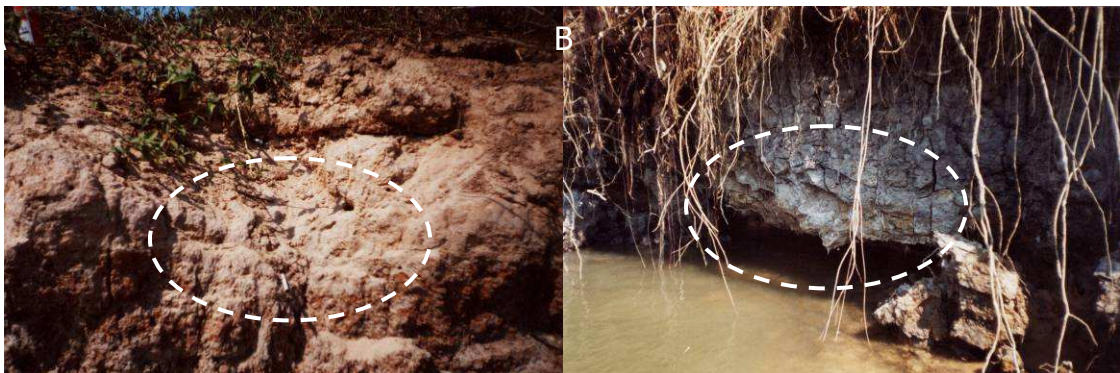


Figura 5 – Processos erosivos atuantes na margem (A) corrasão e (B) desmoronamento por basculamento.

As margens são, em sua maioria, de altura média, encontradas ao longo do perfil longitudinal. No período das cheias, os fluxos transportam os sedimentos da base da margem, provocando o solapamento basal. Conseqüentemente, a estrutura das margens torna-se instável e desprovida de sustentação na base, resultando, então, no desmoronamento em blocos. Este tipo de processo foi observado em várias seções do corredor fluvial.

❖ Erosão

Erosão fluvial é a erosão causada pelas águas dos rios, principalmente na época de cheias, podendo, em alguns casos, ocasionar a destruição das margens por desmoronamento ou escorregamento. GUIDICINI e NIEBLE (1983) definem este termo como sendo qualquer movimento coletivo de materiais terrosos.

Para HOOKE (1979), a evolução da erosão marginal acontece em curto período de tempo, comparativamente a muitos outros processos geomorfológicos, mostrando, assim, a importância de conhecimentos sobre o grau da erosão marginal, a fim de possibilitar um planejamento adequado, quanto ao uso das margens.

Segundo THORNE e TOVEY (1981) o processo de erosão é considerado importante na definição da morfologia da margem, associado a outros que condicionam a erosão, como as propriedades físicas e químicas dos materiais das margens, o tamanho, a geometria e estrutura dos barrancos, as características hidrodinâmicas do fluxo, as condições climáticas, o alargamento e, algumas vezes, a migração do canal.

A erosão marginal desempenha um importante papel no controle da largura dos canais fluviais. Este tipo de erosão contribui, significativamente, para o incremento na carga de fundo dos rios, além de provocar destruição progressiva da área marginal e conseqüente perda de áreas habitadas, áreas cultivadas, áreas preservadas, dentre outras (THORNE, 1990).

Na associação da quantidade de erosão acumulada durante onze meses, com os atributos da margem (granulometria, densidade aparente, teor de matéria orgânica e altura da margem), com a dinâmica das águas (volume e oscilação do nível do rio), e com os aspectos ambientais do entorno (clima, declividade e

litologia), os dados mostraram que estas características interferem na quantidade de erosão acumulada.

Durante o monitoramento, observaram-se mudanças expressivas nas margens, vinculadas aos processos erosivos atuantes nas mesmas (corrasão e desmoronamento).

Em algumas seções, os pinos caíram e foram transportados pelo fluxo durante o período das cheias. Durante a campanha de monitoramento, em agosto de 2002, das 17 seções onde foram instalados os pinos (Figura 2), em setembro de 2001, foram encontradas oito seções com pinos, ao passo que, em oito seções, foram encontradas as estacas e em uma seção, o mastro caiu, enquanto, em outra seção o mastro foi retirado da posição onde estava anteriormente, possibilitando, assim, o monitoramento de apenas quatorze seções.

Na campanha de medição da erosão, os pinos, instalados no sentido horizontal da face do barranco foram encontrados no compartimento I, nas seções 1, 4, 6 e 7. No compartimento II, os pinos foram encontrados nas seções 8 e 11, enquanto, no compartimento III, foram encontrados nas seções 15 e 16.

As estacas instaladas no sentido vertical do barranco, com recuo de dois metros da margem, foram encontradas nas seções acima citadas e na seção 10, no compartimento II. Nas seções 2, 3, 5 e 13, o mastro da placa de sinalização da Marinha serviu como referencial para medir a erosão das margens (Tabelas 2 e 3).

A magnitude da erosão nas margens variou de 0,36 a 2,20 cm, nas seções monitoradas com pinos de erosão, enquanto, nas seções monitoradas por meio de estacas ou do mastro da Marinha como referência, a magnitude da erosão variou de 1,18 a 7,27 cm.

- **Compartimento I**

No compartimento I, foram monitoradas as seções de 1 a 7 (Tabela 2), as quais encontram-se na margem côncava do leito, onde o canal apresenta-se com padrão meandrante.

A primeira seção monitorada encontra-se na margem esquerda/côncava do rio, apresentando fisionomia íngreme, alta (3,10 m) e está localizada no perímetro urbano de Cáceres, no bairro São Miguel. A vegetação ciliar foi, totalmente, retirada e residências foram construídas próximas às margens. COSTA NETO e SOUZA (2000) registraram erosão de 1.62m/ano, acrescentando que a erosão está associada à ação das águas fluviais e pluviais (escoamento superficial). Nos últimos 11 anos, o bairro erodiu 10% da sua área. A erosão acumulada, no período monitorado neste trabalho (11 meses), atinge 14 cm e sua magnitude é de 1,27 cm (Tabela 2). Portanto, o grau de urbanização em áreas de influência pode aumentar o volume e a velocidade do escoamento superficial, cavando fendas e erodindo material, exercendo um forte controle na largura do canal.

Tabela 2 – Dados de erosão nas margens, obtidos por meio de pinos de erosão, nos três compartimentos, no período de 1 ano (setembro de 2001 a agosto de 2002)

Compart.	Ponto	Nº de pinos	Erosão		Nº de pinos	Erosão		
			acumulada (cm)	Magnitude da erosão (cm)		Acumulada (cm)	Magnitude da erosão (cm)	
			Coluna 1					Coluna 2
I	1	1	14	1,27	1	-	-	
I	1	2	-	-	2	-	-	
I	4	1	12	1,09	1	10	0,90	
I	4	2	15	1,36	2	-	-	
I	4	3	20	1,81	3	16	1,45	
I	6	1	11	1,00	1	-	-	
I	6	1	13	1,18	2	10	0,90	
I	6	2	-	-	3	12	1,09	
I	7	1	-	-	1	25	2,20	
I	7	2	10	0,90	2	21	1,90	
I	7	3	-	-	3	-	-	
<hr/>								
II	8	1	15	1,36	1	-	-	
II	8	2	22	2,00	2	-	-	
II	8	3	-	-	3	-	-	
II	11	1	10	0,9	1	-	-	
II	11	2	-	-	2	-	-	
II	11	3	20	1,81	3	20	1,0	
<hr/>								
III	15	1	15	1,36	1	-	-	
III	15	2	18	1,63	2	-	-	

Tabela 3 – Dados de erosão nas margens, obtidos por meio de estacas e mastros da Marinha, nos três compartimentos

Compartimento	Ponto	Erosão acumulada (cm)		Magnitude da erosão (cm)
		Mastro	Estaca	
I	2	44	-	4,00
I	3	79	-	7,17
I	4	-	30	2,72
I	5	80	-	7,27
I	6	-	75	6,81
II	10	60	-	5,45
III	13	40	-	3,63
III	14	20	-	1,18
III	16	-	50	4,54

A segunda seção encontra-se na margem direita do rio Paraguai, na parte côncava do rio, íngreme e alta (1,60 m) O segmento é freqüentado por pescadores e utilizado como pastagem, no período de estiagem. A vegetação nativa de médio porte mantém-se preservada. Em determinado período do ano, a área é inundada, podendo o nível da água da planície atingir 1,20 m, conforme observação feita no mastro da Marinha. Nesta seção, ocorre a formação de patamares na margem, a erosão acumulada atingiu 44 cm nos 11 meses de monitoramento, com magnitude de 4 cm (Tabela 3).

A terceira seção localiza-se na margem esquerda do rio Paraguai. Devido à proximidade da cidade de Cáceres, as margens são freqüentadas por pescadores e utilizadas como pastagem para o gado. A vegetação de médio porte mantém-se, parcialmente, preservada. A área é inundada, periodicamente, sendo que, no período do monitoramento, a margem encontrava-se com 2,20 m de altura. A erosão acumulada, durante 11 meses, atingiu 79 cm e a magnitude da erosão foi de 7,14 cm (Tabela 3).

A quarta seção encontra-se na margem esquerda do rio Paraguai, com vegetação nativa preservada. No período de monitoramento, a margem encontrava-se com 2,42 m de altura. A erosão acumulada em 11 meses, na primeira coluna,

variou de 12 a 20 cm, com magnitude de 1,09 cm, 1,36 cm e 1,81 cm ao passo que, na segunda coluna, a erosão acumulada variou de 10 a 16 cm, com magnitude de erosão entre 0,90 cm e 1,45 cm (Tabela 2).

Localizada na margem direita do Paraguai, a quinta seção possui vegetação nativa preservada. A altura da margem, no período de estiagem, foi de 2,70 cm. A erosão, acumulada durante 11 meses, atingiu 80 cm com magnitude de 7,27 cm (Tabela 3).

A sexta seção encontra-se na margem direita do rio Paraguai. A vegetação mantém-se preservada e a margem tem 2,62 m de altura. A erosão acumulada durante 11 meses, na primeira coluna atingiu de 11 a 13 cm, sendo a magnitude da erosão de 1,00 a 1,18 cm; na segunda coluna, a erosão acumulada foi de 10 a 16 cm, com magnitude de 0,90 a 1,09 cm (Tabela 2).

A sétima seção localiza-se na margem esquerda do rio Paraguai. A vegetação mantém-se preservada e a margem tem 2,45 de altura, durante o período de estiagem. A erosão acumulada durante 11 meses, na primeira coluna, foi de 10 cm e magnitude de 0,90 cm; na segunda coluna, a erosão acumulada foi de 21 a 25 cm, com magnitude de erosão entre 2,20 e 1,90 cm. (Tabela 2).

- **Compartimento II**

No compartimento II, foram monitoradas cinco seções (8 a 12). Todos os pontos encontram-se na margem côncava do leito e o canal apresenta um leve retilineamento.

A oitava seção encontra-se na margem direita, próximo à barra do rio Jauru. A vegetação de médio e pequeno porte foi retirada. Observou-se presença de vegetação rasteira, bem como afloramento rochoso no leito próximo à margem. O barranco possui um ligeiro rampeamento, sendo que, no nível mais baixo da rampa,

observou-se deposição de areia que, provavelmente, foi transportada pelo rio Jauru, acumulando-se em sua confluência com o rio Paraguai. A erosão acumulada durante 11 meses foi de 15 a 22 cm, com magnitude de 1,36 a 2,00 cm (Tabela 2).

Na nona seção, a erosão foi intensa. Os pinos não foram encontrados, possivelmente foram arrancados e transportados pelo fluxo. O mastro da Marinha caiu, não possibilitando o monitoramento da erosão nesta seção.

A décima seção encontra-se na margem direita do rio. A vegetação mantém-se quase totalmente preservada e a margem tem 2,20 m de altura. A erosão acumulada durante 11 meses, medida no mastro da Marinha, atingiu 60 cm e magnitude de 5,45 cm (Tabela 3).

A décima primeira seção encontra-se na margem esquerda do rio, na Travessia do Estirão. O barranco tem 1,30 m de altura, no período de estiagem. Na segunda fase de monitoramento, observou-se a evolução de um rampeamento nessa margem. A erosão acumulada durante 11 meses, na primeira coluna, foi de 10 a 20 cm com magnitude de 0,90 a 1,81 cm, enquanto, na segunda coluna, a erosão acumulada foi de 20 cm, com magnitude de 1,80 cm (Tabela 2).

A décima segunda seção encontra-se na margem esquerda do rio próxima a Morrinho. Nesta seção, os pinos e a estaca perderam-se e o mastro da Marinha foi substituído por um tripé com farol, provido de bateria solar, não sendo possível, portanto, realizar o monitoramento.

- **Compartimento III**

No compartimento III, foram monitoradas cinco seções (13 a 17). O canal possui padrão meandrante. Os pinos foram instalados na margem côncava.

A décima terceira seção localiza-se na margem esquerda do rio. O barranco encontrava-se à altura de 1,40 m. A erosão acumulada durante 11 meses foi de 40 cm com magnitude de 3,63 cm (Tabela 3).

A décima quarta seção encontra-se na margem direita do rio, próximo à Baía do Morro. A vegetação nativa mantém-se preservada e a altura do barranco, medida no período de estiagem, foi de 1,82 m. A erosão acumulada durante 11 meses foi de 20 cm e a magnitude da erosão foi de 1,18 cm (Tabela 3).

A décima quinta seção localiza-se na margem esquerda do rio, próximo à Barranqueira do Jatobá. A altura do barranco medida no período de estiagem é de 2,23 m. A erosão durante 11 meses foi de 15 a 18 cm, com magnitude de 1,36 a 1,63 cm (Tabela 2).

A décima sexta seção encontra-se na margem esquerda do rio Paraguai. A altura da margem, medida no período de estiagem, foi de 2,30 m. Nesta seção, o barranco apresenta um ligeiro rampeamento. A erosão acumulada durante 11 meses foi de 50 cm, com magnitude de 4,54 cm (Tabela 3).

A décima sétima seção encontra-se na ilha de Taiamã. Embora não fosse possível registrar o valor de erosão acumulada, devido a perdas de estacas e pinos neste ponto, observou-se intensa erosão, provocada pelo solapamento basal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados mostraram que a magnitude dos processos erosivos é muito intensa e a taxa da erosão acumulada é muita elevada, principalmente quando se considera um intervalo de tempo de 11 meses.

Os processos erosivos são do tipo corrasão e desmoronamento. O processo erosivo do tipo corrasão ocorre mais lentamente. O processo erosivo tipo desmoronamento está relacionado, principalmente, às margens médias e altas (1,30 a 3,10 m) e íngremes, alta densidade aparente dos materiais argilosos, baixo teor de matéria orgânica e oscilação do nível (vazão). Estas condições favorecem o processo de desmoronamento, ou solapamento do barranco em blocos. Os maiores índices de erosão acumulada foram registrados em material argilosos, nos quais o processo de umedecimento-secagem favorece a capacidade de expansão e contração da argila, a qual fragmenta-se, favorecendo o desmoronamento em blocos, principalmente no início do período das cheias.

Possivelmente, a atuação dos processos erosivos tenha sido influenciada por fatores mais localizados, sejam eles naturais ou devido à ação humana. No corredor fluvial, os fatores naturais são: flutuação do nível da água, devido à alternância entre os períodos de cheia e seca; altura das margens; posição (margem côncava); composição granulométrica e estrutura das margens. A atividade humana nas margens relaciona-se a: instalação de acampamentos, por banhistas e pescadores; impactos de grandes embarcações, em contato com as margens; propagação de ondas, resultante da movimentação de barcos de pequeno, médio e grande porte; urbanização e pisoteio de gado.

O uso de pinos para monitorar a erosão em grandes rios tropicais, no caso o rio Paraguai, apresenta algumas limitações, em virtude da própria dinâmica do rio. Durante o estudo, vários pinos foram perdidos. É aconselhável que, juntamente com o método de pinos, sejam utilizados, também, outros métodos para monitorar a erosão. Adotou-se, neste estudo, o método de estaca e os mastros da placa de sinalização da Marinha para monitorar a erosão.

Por fim, é necessário continuar o monitoramento das margens. Entretanto, torna-se necessário definir um método mais adequado para estudo do recuo da margem em rios tropicais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. (1999). Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS G. A.; CAMARGO F. A. O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Gênese, p. 10-23.

CERQUEIRA, A. F.; CUNHA, G. M.; RUIZ, H. A.; RESENDE, M. (1992). Retenção de água em areias de diferentes tamanhos; formas e mineralogia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 9, **Anais...** Jaboticabal, (Resumo Expandido), SBCS, 127 p.

CUNHA, S. B. (1996). Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA. A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia**: Uma atualização de bases e conceitos. Editora Bertrand do Brasil, p.211-252.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. (1997). **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212 p.

FERNANDEZ, O. V. Q. (1995). **Erosão marginal no lago da UHE Itaipu (PR)**. Tese de Doutorado. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 110 p.

FERNANDEZ, O. V. Q. (1990). **Mudanças no canal fluvial do Rio Paraná e processos de erosão nas margens: Região de Porto Rico, PR**. Dissertação de Mestrado, UNESP: Instituto de Geociências e Ciências Naturais. Rio Claro, 85 p.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. (1983). **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Edgard Blücher, 194 p.

HILL, A.R. (1973). Erosion of river bank composed of glacial till near Belfast, Northern Ireland *Zeitschrift fur. Geomorphologie*, v. 17, p. 428-442.

HOOKE, J. M. (1979). An analysis of the processes of river bank erosion. **Journal of Hidrology**, v. 42, p. 38-62.

KIEHL, E. J. (1979). **Manual de edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: Editora Agronômica Ceres.

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

LAWLER, D. M. (1987). The erosion of pins in river banks. **Swansea Geographer**, v. 16, p. 9-17.

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

MIELNICZUK, J. (1999). Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS G. A.; CAMARGO F. A. O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Gênese, p. 10-23.

MOTA, I. S. A. (2001). **Avaliação da erosão marginal e transporte de sedimentos na sub-bacia do riacho fundo - Distrito Federal**. Tese de Mestrado. UFRJ: Programa de Pós-Graduação em Geografia.

RELATÓRIO Técnico. (1982). **Estudos hidrológicos da bacia do Alto Paraguai**. Rio de Janeiro: Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento, 284 p..

ROCHA, P. C. (1995). **Erosão marginal em canais associados ao rio Paraná na região de Porto Rico-PR**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais). 29 p.

SOUZA, C. A. (1998). **Bacia hidrográfica do córrego Piraputanga-MT: Avaliação da dinâmica atual**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

THORNE, C. R. (1990). **Effects of vegetation on erosion and stability in thorne vegetation and Erosion** – Processes and Environments. New York: John Wiley & Sons Inc., p.125-144.

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

TWIDALE, C. R. (1964). Erosion of alluvial bank at birdwood, South Australia. **Zeitschrift fur Gemorphologie**, v. 8, p. 189-211.

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