

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE ESTATÍSTICA DA EROSÃO MARGINAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DAS PITAS - MATO GROSSO

Leila Nalis Paiva da Silva Andrade¹; Célia Alves de Souza²; Carla Galbiati³; Gustavo Roberto dos Santos Leandro⁴

1-Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Professora do Departamento de Geografia da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. E-mail: leilanalís@hotmail.com

2-Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Professora do Departamento de Geografia e Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Coordenadora do Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial – LAPEGEOF. Cáceres – MT. E-mail: celiavalvesgeo@globo.com

3-Doutora em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. Professora de Agronomia e Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. E-mail: carla@unemat.br

4- Graduado em Geografia e Integrante do Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial – LAPEGEOF da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Mestre em Geografia pela Universidade Federal Fluminense – UFF. E-mail: gustavogeociencias@hotmail.com

Artigo recebido em 07/08/2014 e aceito em 12/03/2015

RESUMO

A pesquisa objetivou avaliar a erosão marginal fluvial da sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitas, localizada entre as coordenadas geográficas de 15°17'30" e 15°49'50" latitude sul, e 58°14'30" e 58°33'26" longitude oeste, no sudoeste do Estado de Mato Grosso, com vista a subsidiar o planejamento e a gestão ambiental. Os procedimentos usados foram trabalho de campo para quantificar erosão marginal por meio da instrumentação das margens pela técnica de pinos e estacas; coleta de sedimentos e análise estatística. De acordo com os resultados obtidos pela técnica dos pinos, a maior erosão acumulada e magnitude da erosão ocorreu no quinto segmento com 14 cm da margem erodida. Os dados mostraram a tendência das margens do córrego a erodir conforme sua composição granulométrica e as atividades agropecuárias. Dessa maneira, o levantamento ambiental realizado nessa sub-bacia, mostra a importância do gerenciamento dos recursos hídricos de maneira sustentável a fim de garantir seu uso para gerações futuras.

Palavras-Chave: Córrego das Pitas. Erosão Marginal. Composição Granulométrica. Análise Estatística.

CHARACTERIZATION AND STATISTICAL ANALYSIS OF THE MARGINAL EROSION IN THE SUB-BASIN STREAM OF PITAS – MATO GROSSO

ABSTRACT

The sub-basin of the Pitas stream is located between the geographical coordinates 15°17'30" and 15°49'50" south latitude and 58°14'30" and 58°33'26" west longitude, in southwestern of Mato Grosso. The research aimed to evaluate the river bank erosion, in order to support the planning and the management. The procedures used were: fieldwork to quantify the bank erosion through the instrumentation of margins by the pins and pegs technique; sediment collection and statistical analysis. In the pins technique, the highest cumulative erosion and magnitude of erosion occurred on the fifth segment with 14 cm of margin eroded. The data showed the trend of eroding stream banks according to their particle size distribution and agricultural activities. Thus, the environmental survey in this sub-basin shows the importance of manage the water resources sustainably to ensure future generations usage.

Keywords: Stream of Pitas. Marginal Erosion. Grain Size Composition. Statistical Analysis.

INTRODUÇÃO

Os rios são essencialmente agentes de erosão, transporte e deposição, removem águas e sedimentos da superfície para os oceanos. O fluxo de água é uma das forças mais potentes que opera na superfície da Terra, tanto em termos de energia cinética como no total de fragmentos transportados (CHRISTOFOLETTI, 1981).

A ação do homem, no entanto, acelera a erosão natural, as agressões às calhas dos rios, aumentam a quantidade de depósitos e a instabilidade dos leitos fluviais. As práticas que mais afetam o ciclo hidrossedimentológico são: o desmatamento, a agricultura, a urbanização, a mineração, a construção de estradas, a retificação e o barramento dos cursos d' água, o que altera a dinâmica e o regime fluvial das águas (BORDAS; SEMMELMANN, 2004).

Carvalho (1994) mostrou a importância do conhecimento da dinâmica dos canais fluviais, tanto no que concerne aos recursos hídricos como do ponto de vista da hidráulica e do controle da erosão, assim como também do ponto de vista sedimentológico, geomorfológico e do planejamento regional.

As principais mudanças ocasionadas no ambiente, tanto pelos fatores naturais ou pelas ações humanas, provocam grandes problemas no meio físico e um desses problemas é a alteração do curso do rio, o que influencia a qualidade e a quantidade da água. Essas mudanças aumentam os casos de assoreamento e enchentes com a rede de drenagem urbana e contribui para o excesso de sedimentos na calha do rio.

A ocupação da sub-bacia do córrego das Pitas está vinculada às políticas voltadas para a ocupação do sudoeste de Mato Grosso nas últimas décadas, o que gerou diversas alterações no ambiente. Diante desse contexto, os recursos hídricos têm sido os mais afetados, haja vista serem os rios os componentes mais sensíveis da paisagem, tendo respostas rápidas às perturbações na bacia hidrográfica e no próprio canal. O desmatamento das nascentes e das matas ciliares provocou o desaparecimento de algumas nascentes, bem como os diferentes tipos de uso do solo na sub-bacia, o que altera a dinâmica fluvial, provocando o assoreamento nos canais fluviais.

O conhecimento da tendência espacial e temporal da dinâmica fluvial da sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitas em termos de armazenagem, estágio de evolução, deposição de sedimentos e a magnitude da instabilidade do canal é importante para sugerir algumas medidas de uso, preservação e recuperação.

A pesquisa objetivou avaliar a erosão marginal, com vista a subsidiar o planejamento e a gestão da sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitas, Mato Grosso.

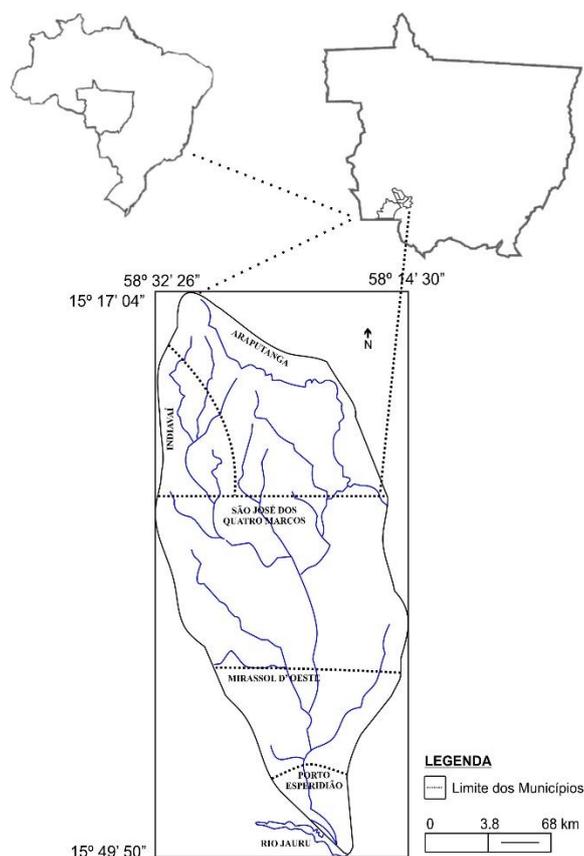
O monitoramento e o levantamento ambiental dessa sub-bacia tornam-se ferramenta importante para propor o gerenciamento dessa unidade natural, e sugerirem medidas que possa minimizar os impactos ocasionados principalmente das atividades humanas realizadas no entorno do córrego das Pitas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitas é um canal de 4ª ordem, segundo a classificação de Strahler (1952), com área de 475 km². Possui suas nascentes na Depressão Jauru, entorno de 480 m de altitude, localiza-se entre as coordenadas geográficas 15° 17' 04" e 15° 49' 50" latitude sul e 58° 14' 30" e 58° 33' 26" de longitude oeste. A sub-bacia encontra-se nos seguintes municípios: Araputanga, Indiavaí, Mirassol D' Oeste, São José dos Quatro Marcos, Glória D' Oeste e Porto Esperidião (Figura 1).

Figura 1: Localização da sub-bacia hidrográfica do Córrego das Pitas no sudoeste do Estado de Mato Grosso.



Fonte: Carta do SEPLAN, 1986.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Delimitação da sub-bacia hidrográfica

A delimitação da área, utilizaram-se cartas topográficas folhas: SD.21Y-C-III, SD.21Y-C-VI, SD.21Y-D-I e SD.21Y-D-IV na escala de 1:100.000 de 1972 da Divisão de Serviços Gerais do Exército (DSG), destacando o canal principal e seus afluentes. Para o monitoramento, escolheram-se sete seções transversais ao longo do perfil longitudinal no alto, médio e baixo curso da sub-bacia hidrográfica.

Localização geográfica das seções monitoradas ao longo do perfil longitudinal do córrego das Pitas

- I seção** – 15° 17' 29,11" latitude sul e 58° 29' 39" longitude oeste (alto curso);
- II seção** – 15° 22' 18,1" latitude sul e 58° 27' 49,3" longitude oeste (alto curso);
- III seção** – 15° 22' 18,1" latitude sul e 58° 27' 49,3" longitude oeste (alto curso);
- IV seção** – 15° 25' 44" latitude sul e 58° 20' 39" longitude oeste (alto curso);
- V seção** – 15° 31' 17,1" latitude sul e 58° 21' 11,3" longitude oeste (médio curso);
- VI seção** – 15° 32' 58,2" latitude sul e 58° 22' 16,3" longitude oeste (médio curso);
- VII seção** – 15° 43' 0,0" latitude sul e 58° 22' 50,00" longitude oeste (baixo curso).

Trabalho de Campo

A pesquisa de campo foi realizada em duas etapas:

- ✓ A primeira etapa foi realizada nos dias 03 e 04 de novembro de 2007, com o reconhecimento geral da área, definição dos segmentos, coleta de sedimentos e instrumentação das margens para monitoramento da erosão marginal.
- ✓ A segunda etapa ocorreu nos dias 23 e 24 de agosto de 2008, quando se quantificou a erosão marginal.

Coleta de material (barranco)

A coleta de sedimentos aconteceu durante o período de estiagem, sendo que em cada segmento foi coletada uma amostra.

As amostras foram coletadas com enxadão e armazenadas em sacolas plásticas e etiquetadas com dados sobre a localização para posterior análise da granulometria dos sedimentos para quantificar a composição granulométrica com a erosão marginal.

Instrumentação das margens do córrego das Pitas

Para a quantificação da erosão marginal ao longo do perfil longitudinal do córrego das Pitas, foram utilizados os métodos de pino e estacas:

Pinos de erosão

A técnica com pinos foi discutida e amplamente revisada por Lawler (1978) e empregada por Twidale (1964), Hill (1973), Knighton (1973), Hooke (1980) entre outros autores. Esse método consiste na inserção perpendicular de pinos de aço na margem para medir o valor da erosão por meio da superfície de exposição dos pinos.

Os principais critérios utilizados para a escolha das seções monitoradas foram construções humanas como ponte de madeira, cercas e proximidades de sede de fazendas, o que facilitou a posterior localização.

Para inserção dos pinos, a posição utilizada foi a horizontal, posicionados acima do nível da água. Foram fixados pinos de vergalhão $\frac{3}{4}$ com comprimento de 0,50 m e 0,30 m de diâmetro, dos quais 10 cm ficaram expostos para quantificação da erosão marginal (Figura 2).

A verificação do recuo da margem foi realizada após o período chuvoso, com auxílio de trena para medir a erosão de cada margem do córrego das Pitas.

Figura 2: Técnica de pinos para monitorar a erosão marginal na sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitas.



Fonte: Silva (2007).

Estacas

A técnica das estacas é utilizada principalmente para garantir o controle de erosão caso ocorram desbarrancamentos que provoquem a perda dos pinos. Essa técnica constitui-se na instalação de estacas de madeira com 10 cm expostas na parte superior das margens, posicionadas de forma que não sejam afetadas por prováveis desmoronamentos e retiradas pela ação dos habitantes locais (HUGUES, 1977).

As estacas foram colocadas em seis pontos ao longo do perfil longitudinal do córrego das Pitas, tendo o mesmo cuidado com sua inserção para melhor identificação. As fixações das estacas foram na posição vertical com 2 m de distância da margem. As estacas podem ser fixadas pelas marcas de desabamentos localizados em talude e na grande flutuação do nível d'água durante os maiores eventos de chuva, processo que favorece a ocorrência de colapso no solo e surgimento de desabamentos de maior porte (Figura 3).

Figura 3: Técnica de fixação da estaca para monitorar a erosão marginal na sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitas.



Fonte: Silva (2007).

Trabalho de Gabinete

▪ **Cálculo de Vazão**

Para calcular a área na seção transversal no nível de margens plenas e área da seção molhada, foi adotada a fórmula: $A = L \times P$, onde: A = Área da seção; L = Largura do canal; P = Profundidade média (CUNHA, 2009).

Para obter o cálculo da vazão, utilizou-se a seguinte fórmula: $Q = V \times A$, onde: Q = Vazão; V = Velocidade das águas; A = Área (CUNHA, 2009).

▪ **Quantificação da erosão marginal do córrego das Pitãs**

Para verificar a magnitude da erosão, foi utilizada a seguinte fórmula de Hooke (1980), adaptada por Fernandez (1995):

$E_m = (L_1 - L_0) / t$, onde: E_m = Magnitude da erosão (cm/dia ou cm/mês); L_1 = Comprimento do pino exposto pela erosão 9 cm; L_0 = Comprimento exposto inicialmente, padronizado em 10 cm; t = Tempo transcorrido (dias ou meses) entre cada campanha (coleta).

Após cada coleta de dados na mensuração da erosão, os pinos foram inseridos novamente, deixando-os expostos 0,10 cm do seu comprimento para facilitar sua localização. A erosão média para cada seção monitorada após nove meses de medição é a somatória dos recuos registrados dividida pelo número total de pinos instalados, enquanto que a erosão média anual foi a média aritmética da erosão média obtida ao longo de um ano de monitoramento (HOOKE, 1980 adaptado por FERNADEZ, 1995).

Análise de Laboratório

Conforme Tomé Jr. (1997), para analisar a composição granulométrica dos sedimentos é necessário determinar a distribuição e classe textural de cada componente.

Para determinar o tamanho dos sedimentos, foi empregado o método do peneiramento. Inicialmente, secou-se o material coletado em temperatura ambiente. Após a secagem, foi peneirado em uma série de peneiras padronizadas, agitadas mecanicamente durante cinco minutos. Concluído o peneiramento, as amostras foram pesadas separadamente de acordo com o seu diâmetro das partículas de solo (SUGUIO, 1973).

Para a classificação da porção silte/argila, utilizou-se o método da pipetagem (EMBRAPA, 1997). As amostras foram analisadas no laboratório da Analítica (Análises Químicas e Controle de Qualidade) na cidade de Cuiabá, no Estado de Mato Grosso.

Ao método de peneiramento, foram utilizadas várias peneiras da série Tyler com aberturas em 76 a < 0.15mm, para classificação dos materiais retidos em kg/m^3 quanto à composição da margem e ao sedimento do fundo. As peneiras foram agitadas mecanicamente,

assim, em 100g do material seco, adicionaram-se 5cm³ de agente defloculante (NaOH), sendo um processo repetitivo por cinco minutos. Em seguida, o material foi posto em um prato de evaporação, levado à estufa para secagem a temperatura de 105°C. Após a secagem, procedeu-se ao peneiramento mecânico. O material retido em cada peneira foi pesado e subtraído do valor inicial para averiguar a quantidade final do sedimento (CARVALHO, 1994).

Análise Estatística

As variáveis respostas usadas para analisar a erosão foram a erosão acumulada, a magnitude da erosão e a exposição da estaca. Para analisar o efeito dos parâmetros da hidrodinâmica e das características da erosão, foi usado o modelo linear simples tendo a erosão acumulada como variável resposta (y), e como variáveis explicativas (x) os sedimentos (fundo), suas composições granulométricas (areia, silte e argila), bem como os parâmetros da hidrodinâmica: vazão, área e velocidade do córrego para verificar a influência dessas variáveis sobre a erosão; entretanto, cada modelo testou apenas uma variável (x) devido ao limite estabelecido pelos graus de liberdade.

A vazão do córrego das Pitas foi outra variável resposta (y), avaliada em função das variáveis explicativas (x) correspondentes ao período do ano (cheia e estiagem), e aos números de seções influenciadas na vazão, sendo cada variável testada em modelos separados por causa do limite dos graus de liberdade.

O local da seção foi uma variável explicativa (x) usada para comparar o comportamento da erosão ao longo da sub-bacia. Para tanto, foi usado teste de contraste entre a erosão em cada seção, por meio da análise de variância, com teste F em nível de 5% de significância.

A largura entre as seções ao longo do perfil longitudinal do córrego das Pitas foi outra variável resposta (y), analisada testada em função das variáveis explicativas (x) seção do córrego e período do ano (cheia e estiagem).

Outro modelo testado teve como variável resposta (y), a velocidade da seção do córrego em função do sedimento de fundo, tendo como variáveis independentes (x) a composição granulométrica areia (grossa, média, fina), silte e argila, bem como os sedimentos em suspensão. Cada variável independente foi testada separadamente.

Todos os modelos testados foram comparados ao modelo nulo pela análise de variância, com teste F ao nível de 5% de significância.

A distribuição de erros Normal foi usada na análise de todos os modelos, bem como o ajuste de normalidade. As análises dos dados foram testadas no software livre R versão 2.2.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sub-bacia hidrografia do córrego das Pitas

O córrego das Pitas é um dos principais afluentes do rio Jauru, sendo o rio Jauru afluente do rio Paraguai. A bacia hidrográfica do rio Jauru, com aproximadamente 15.844,40 km², está localizada a sudoeste de Mato Grosso. Essa bacia é formada pelo rio Jauru e seus afluentes, que nascem na Chapada dos Parecis (norte) e Serra Santa Bárbara (oeste) e percorrem áreas de diferentes compartimentos litológicos e topográficos. As altitudes do relevo variam entre 116 e 700 metros, e o rio principal deságua na margem direita do rio Paraguai no Pantanal mato-grossense (SOUZA, 2004).

Entre os afluentes do rio Jauru, encontram-se, pela margem direita, os rios Brigadeiro, Bagres e Aguapeí e pela margem esquerda, os córregos das Pitas e Caeté. No baixo curso da bacia, o rio Jauru atinge os terrenos inundáveis do Pantanal; alguns pequenos cursos d'água drenam as áreas sujeita à inundação, desaguando em baias e lagoas, ou espriando na planície, contribuindo à formação da área do Pantanal.

O córrego das Pitas possui 155 afluentes, densidade de rios de 0,32, densidade de drenagem 0,20, com padrão irregular em alguns trechos retos e outros meandantes, apresenta o grau de sinuosidade de 1,32 no alto curso, de 1,21 no médio e de 0,24 no baixo curso. Essas informações contrariam a tendência natural de aumentar a sinuosidade em direção à foz, possivelmente por estar associada à litologia local e à própria dinâmica fluvial. Na relação do tamanho dos componentes fluviais, há certo equilíbrio, o que possibilita a capacidade de gerar novos cursos d'água.

Seções monitoradas ao longo do perfil longitudinal

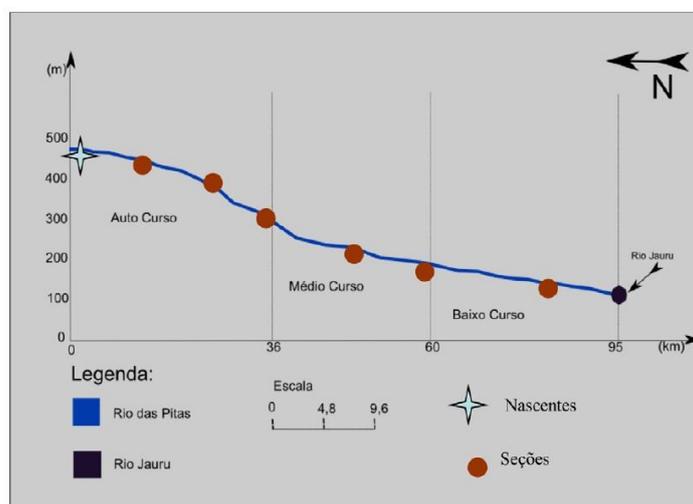
A sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitas tem aproximadamente 475 km², possui suas nascentes na Depressão Jauru com 480 m de altitude, com diferentes compartimentos litológicos, geomorfológicos e topográficos. Foram monitoradas sete seções ao longo do perfil longitudinal (Figura 4).

Áreas de nascentes

A seção corresponde à área onde se encontram as principais nascentes do córrego das Pitas. Localiza-se aproximadamente a 30km da cidade de Araputanga, no distrito de Mortelândia, na fazenda Canaã. As nascentes são difusas, apresentando bifurcação, com ocorrência de fluxo de água em três áreas.

De acordo com Calheiros (2004), nascente é o afloramento do lençol freático, originando uma fonte de água de acúmulo (represa), ou curso d' água. Elas se localizam em encostas ou depressões do terreno ou ainda no nível de base representado pelo curso d' água local, classificadas como perenes, temporárias e efêmeras.

Figura 4: Perfil longitudinal com as seções monitoras (Nascentes – Seção I).



Fonte: Silva (2007).

A área de nascente não possui mata ciliar e é utilizada como bebedouro para o gado, que pisoteia a área da nascente, não obedecendo à distância permitida para criação desses animais de acordo com a Resolução nº 303 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) que determina o raio de 50m de preservação, tanto nas áreas urbanas quanto nas áreas rurais (CONAMA, 2005).

A segunda nascente está localizada nas coordenadas geográficas de 15° 16' 16,5" latitude sul e 58° 29' 57,3" de longitude oeste, possui menor umidade, registra a ocorrência de taboa (*Typha sp*). A área encontra-se desmatada, o entorno da nascente não possui mata ciliar, a atividade realizada é a criação de gado e o pisoteio do gado em direção à nascente contribui para compactação do solo formando trilhas, iniciando processos erosivos.

A terceira nascente localiza-se nas coordenadas geográficas 15° 16' 26,1" latitude sul 58° 29' 46,4" longitude oeste. A vegetação foi retirada, o entorno da nascente possui declive de aproximadamente 100m, registram-se processos erosivos nas trilhas formadas pelo pisoteio de gado, o que contribui para aumentar a carga de sedimentos que chegam à nascente.

Seção II

A segunda seção está localizada no alto curso da sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitãs, nas coordenadas geográficas de 15° 17' 29,11" latitude sul e 58° 29' 39" longitude oeste, na zona rural do município de Araputanga.

A seção transversal do córrego apresentou a profundidade de 0,12 cm, a área a seção molhada é de 0,21 m², com a vazão de 0,008 m³/s (Tabela 1). Analisou-se o uso do solo no entorno da seção e pôde-se visualizar que a vegetação nativa foi retirada e está sendo utilizada para criação do gado.

Tabela 1: Variação da área (m²) da seção molhada e vazão (m³/s) do córrego das Pitas 2007/2008.

Local	Seção	Período chuvoso		Período de estiagem	
		Área da seção molhada em m ²	Vazão m ³ /s	Área da seção molhada em m ²	Vazão m ³ /s
Alto Curso	I	0,30	0,000	-	-
Alto Curso	II	0,21	0,008	0,83	0,008
Alto Curso	III	-	-	1,12	0,04
Alto Curso	IV	4,08	0,08	4,60	0,04
Médio Curso	V	3,31	0,06	4,81	0,09
Médio Curso	VI	3,78	0,03	3,08	0,06
Baixo Curso	VII	23,52	0,70	21,61	1,08

Seção III

A terceira seção encontra-se no alto curso do córrego das Pitas nas coordenadas geográficas 15° 22' 18,1" latitude sul e 58° 27' 49,3" longitude oeste. Nesse segmento, a calha do córrego é estreita e recebe poucos afluentes.

O leito do rio possui afloramentos rochosos e o fluxo apresenta corredeira. Foi identificado um trecho mais profundo na calha, resultante de barramento para bebedouro do gado. Nesse segmento, a mata ciliar encontra-se parcialmente preservada. A profundidade média no nível da água é de 0,28 cm, a velocidade média é de 0,04 m/s, com vazão de 0,04 m³/s e a área da seção molhada é de 1,12 m².

Seção IV

A quarta seção localiza-se a 6 km de distância da cidade de Araputanga, nas coordenadas geográficas 15° 25' 44" latitude sul 58° 20' 39" longitude oeste. Visualiza-se afloramentos rochosos no leito, dando origem a corredeiras e pequenas cachoeiras .

Na seção transversal, a largura do canal é de 9,5 m, a profundidade é de 0,43 cm e a área da seção molhada é de 4,08 m². A velocidade média é de 0,02 m/s, a vazão mensurada é de 0,08 m³/s. Observa-se a preservação parcial da mata ciliar e a introdução de vegetação como eucalipto (*Eucalyptus grandis*).

Seção V

A quinta seção transversal encontra-se nas coordenadas geográficas 15° 31' 17,1" latitude sul e 58° 21' 11,3" longitude oeste, no Assentamento Florestan Fernandes, localizado

a 14 km do perímetro urbano de Araputanga. O trecho monitorado deságua no córrego Imbé na margem direita do córrego das Pitas; o longo do canal apresenta estreita faixa da mata ciliar.

O córrego das Pitas possui, nessa seção transversal, um canal com largura de 10,35 m e profundidade de 0,32 m, a área da seção molhada é de 3,31 m². A velocidade média é de 0,02 m/s, obtendo a vazão de 0,06 m³/s. Registra a presença de bancos de sedimentos centrais presentes nos períodos de cheia e de estiagem.

Seção VI

Essa seção encontra-se no médio curso da sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitas, nas coordenadas geográficas 15° 32' 58,2" latitude sul e 58° 22' 16,3" longitude oeste, localizada no perímetro rural do município de São José dos Quatro Marcos. O acesso é pela estrada não pavimentada a 19 km da rodovia MT 248, com presença predominante da plantação de teca (*Tectona Grandis*).

A calha, nessa seção transversal, apresentou a largura de 8,40 m, profundidade média de 0,45 m e a área da seção molhada é de 3,78 m². A velocidade média é de 0,01 m/s e a vazão é de 0,03 m³/s. Nessa seção, a mata ciliar encontra-se preservada.

Seção VII

A sexta seção transversal do córrego das Pitas localiza-se nas coordenadas geográficas 15° 43' 0,0" latitude sul e 58° 22' 50,00" longitude oeste, a 16 km do perímetro urbano de Porto Esperidião no baixo curso. O córrego possui 21 m de largura e 1,12 m de profundidade e a área da seção molhada é de 23,52 m². A velocidade é de 0,02 m/s e a vazão é 0,47 m³/s. A vegetação nativa mantém-se conservada; o entorno está sendo utilizado pelas práticas voltadas para agropecuária, em pequenas e médias propriedades.

Dinâmica Fluvial

A erosão fluvial é realizada por meio dos processos de corrosão, corrasão e cavitação. A corrosão engloba todo e qualquer processo químico que se realiza como reação entre a água e as rochas superficiais, com a qual mantém contato. A corrasão é o desgaste pelo atrito mecânico, geralmente pelo impacto das partículas carregadas pela água. O terceiro processo erosivo é a cavitação, ocorre somente sob condições de velocidade elevada da água, quando as variações de pressão sobre as paredes do canal facilitam a fragmentação das rochas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Na verificação da dinâmica fluvial ao longo do perfil longitudinal, escolheram-se sete seções no alto, médio e baixo curso. Os resultados mostraram a variação da quantidade de sedimentos transportados em suspensão e no fundo do canal, bem como a composição

granulométrica do barranco e a quantificação da erosão marginal em cada seção transversal, comprovando que a relação depende desses fatores para discutir o funcionamento natural de bacias hidrográficas.

Composição granulométrica das margens

Os materiais granulométricos no canal de drenagem do córrego das Pitas possuem vários tamanhos, devido às partículas dos minerais existentes no solo. Ao considerar uma mesma condição hidrodinâmica, a erosão da margem depende, sobretudo, da estrutura do barranco e das propriedades de seus constituintes, que sejam coesivos, não coesivos ou compostos (LEEDER, 1982).

As propriedades mecânicas de um barranco estão ligadas à composição granulométrica e são responsáveis pelo grau de coesividade dos materiais constituintes, gerando maior ou menor resistência à erosão.

No estudo das características hidrodinâmicas, deve-se incluir a variação do nível da água, turbulência, ação das ondas e as variações da velocidade. A contínua variação do nível do rio é considerada como um dos fatores mais importantes na erosão marginal, pois controla a atuação das forças de origem fluvial sobre os materiais das margens que são representadas pelas ondas e correntes (FERNANDEZ, 1990).

As análises granulométricas permitem caracterizar e classificar os sedimentos das margens, bem como correlacionar os processos erosivos atuantes por meio da quantificação estatística, fornecendo informações sobre o transporte e deposição de sedimentos (SUGUIO, 1973).

De acordo com Resende et al. (1992), nos ambientes fluviais, as areias finas e o silte favorecem a erosão, os quais facilitam o encrostamento que podem ser facilmente transportados; entretanto, as partículas grosseiras como os cascalhos, a areia grossa e a argila estreitam o processo erosivo.

De acordo com Cerqueira et al., (1992) os materiais arenosos mais finos apresentam um nível reduzido de seleção e de forma que aperfeiçoem o contato com cada partícula, aumentando a quantidade de água retirada, o que contribui para diminuir a atuação dos processos erosivos no período chuvoso e formação de fendas no solo no período da estiagem.

A composição granulométrica das margens na seção I apresentou maior quantidade de grãos finos, ou seja 730g/kg de argila, 120g/kg de silte e 150g/kg de areia fina. As margens compostas de sedimentos finos (coesos) dificultam a erosão marginal (Tabela 2).

Na seção II, a margem é composta de 650 g/kg de areia média, 200 g/kg de silte e 150 g/kg de argila. Os dados mostram que o predomínio de areia média tornam a margem vulnerável à erosão. A instabilidade da margem associada à ausência de vegetação ciliar e ao uso do solo contribuem para a formação de barras laterais e centrais à jusante.

Na seção III, a análise granulométrica contribui para identificação da composição que apresentou 680 g/kg de areia média, 173g/kg de argila e o silte com 147 g/kg. Considerando-se o percentual de areia media, pode-se afirmar que a margem é propícia à erosão, pois a argila que agrega as partículas, dando estabilidade, encontra-se em menor quantidade (Tabela 2).

Nos sedimentos da margem na seção IV, registra-se a concentração de material fino: 610 g/kg de argila, 90 g/kg de silte e 300 g/kg areia fina. A argila e o silte tornam a margem coesa, deixando assim as margens resistentes à erosão fluvial (Tabela 2).

Na quinta seção, a análise granulométrica mostra a predominância de areia média, cerca de 600 g/kg. O silte apresentou 300 g/kg e a argila 100 g/kg. Analisando os dados da composição granulométrica ao associar com impacto das partículas e da água na margem, verificamos que há possibilidade do material da margem estar contribuindo para ocorrência de erosão marginal (Tabela 2).

Os sedimentos analisados na sexta seção estão representados com 790 g/kg de areia grossa, correspondendo a 79% dos componentes granulométricos. O silte compõe 140 g/kg, com 14%, e a argila 70 g/kg, equivalente a 7% dos materiais.

Na sétima seção, que se encontra no baixo curso da sub-bacia hidrográfica, as características do terreno e do solo (alto grau de hidromorfismo) justificam a alta concentração de argila na margem, cerca de 670g/kg; a areia fina corresponde 300g/kg e o silte 30g/kg. **Tabela 2:** Composição granulométrica do material das margens da sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitãs – Mato Grosso.

Local	Seção	Composição Granulométrica das Margens/g/kg				
		Areia grossa	Areia média	Areia fina	Silte	Argila
Alto Curso	1	---	---	150	120	730
Alto Curso	2	---	650	---	200	150
Alto Curso	3	---	680	---	147	173
Alto Curso	4	---	---	300	90	610
Médio Curso	5	---	600	---	300	100
Médio Curso	6	790	---	---	140	70
Baixo Curso	7	---	---	300	30	670

Erosão Marginal

Vários fatores contribuem para erosão marginal tais como a granulometria dos sedimentos, a geometria, a estrutura, as propriedades mecânicas do material, as características hidrodinâmicas do fluxo nas proximidades das margens e as condições climáticas (THORNE; TOVEY, 1981).

Para quantificar os fenômenos de alargamento do canal fluvial, é necessário monitorar a erosão marginal. Os processos de erosão das margens estão entre os elementos dinâmicos do ambiente natural e entender como esses mecanismos interagem auxilia na compreensão da evolução desta dinâmica fluvial. A erosão marginal influencia negativamente na economia pela perda de terrenos cultiváveis em áreas agrícolas, pela proteção de obras civis construídas próximas ao canal de drenagem ou pela complementação de estudos relacionados ao assoreamento de rios e reservatórios (FERNANDEZ, 1990).

O monitoramento da erosão acumulada foi realizado em seis das sete seções transversais ao longo do perfil longitudinal, sendo possível verificar a instabilidade das margens com aplicação das técnicas: pinos de erosão e estacas.

Seção I

A primeira seção não foi monitorada em relação à erosão marginal por tratar-se de uma área de nascente. As margens da seção não definidas dificultou a aplicação da técnica dos pinos.

Seção II

Na segunda seção, os pinos não foram encontrados, pois, no período da cheia, o fluxo da água removeu os sedimentos e provocou a perda dos pinos pelo processo de desmoronamento por cisalhamento, onde a parte inferior do barranco começou a erodir e com o excesso de peso a parte superior da margem solapou (Figura 5).

Quanto à técnica de estaca, foi possível verificar o recuo de aproximadamente de 0,96 cm da erosão marginal. Essa perda considerável do solo está associada principalmente à composição granulométrica do solo e à velocidade da água no período chuvoso (Tabela 3).

Seção III

Na margem côncava, no local em que foi inserido o pino, a erosão acumulada foi de 3 cm, e a magnitude da erosão é de -0,77 cm, resultado é considerado baixo. Com aplicação da técnica de estaca, a erosão fluvial foi de aproximadamente 0,47 cm (Tabela 3).

Seção IV

Nessa seção pode-se verificar, por meio da utilização da técnica de pinos, que a erosão acumulada ficou entre 4 a 6 cm e magnitude entre 0,44 cm a 0,66 cm; no entanto, na

técnica das estacas a erosão fluvial mensurada foi de 0,45 cm, mostrando que a margem erodiu mais na parte superior (Tabela 3).

Figura 5: Desmoronamento da margem da sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitas por cisalhamento.



Fonte: Silva (2007).

Seção V

O monitoramento na margem, com aplicação da técnica de pinos de erosão, mostrou que a erosão acumulada foi de 1 cm e a magnitude da erosão foi de 0,44 cm. Na parte superior da margem, a erosão foi de 0,26 cm, resultado da utilização da técnica de estacas. O aumento da erosão marginal pode estar sendo influenciado pela velocidade do fluxo e da composição granulométrica da margem (Tabela 3).

Seção VI

Não foi possível verificar a erosão acumulada com aplicação da técnica de pinos de erosão porque os pinos caíram e foram transportados pelo fluxo. Observa-se erosão na base do barranco. No monitoramento da técnica de estaca, pode-se mensurar a erosão marginal de 0,10 cm, na parte superior da margem (Tabela 3).

Seção VII

Como nessa margem a calha estava mais definida, usou-se a técnica do pino na margem esquerda, sendo colocados dois pinos. Os dados mostram que o pino próximo da lâmina d'água erodiu cerca de 2 cm. A magnitude da erosão correspondeu em -0,88 cm e o segundo pino mostrou que não houve erosão, mas sim sedimentação de 2 cm. A técnica de estaca foi aplicada na margem direita, verificou-se que houve alto valor de erosão, cerca de 1,21 m de erosão marginal (Tabela 3).

A magnitude da erosão não varia de acordo com areia grossa, média e fina ($P > 0,05$, N 6), o que rejeita a hipótese de que a areia e suas composições granulométricas influenciaram na erosão marginal do córrego das Pitas.

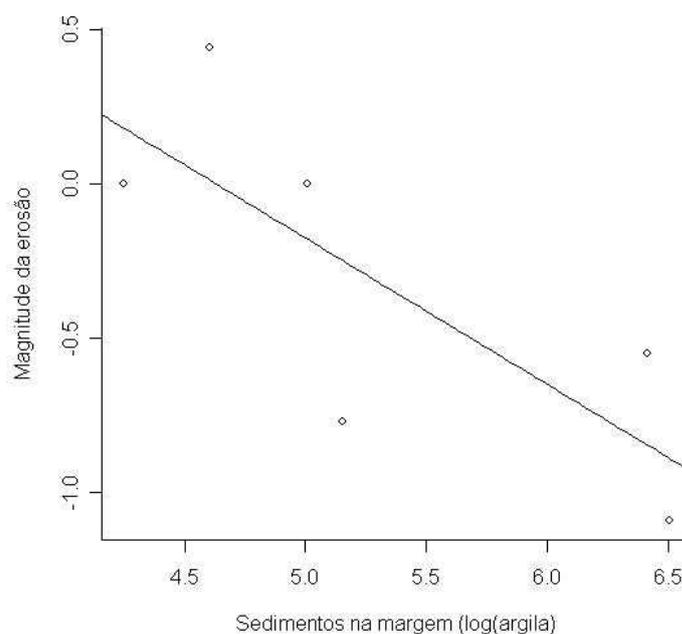
Tabela 3: Dados de erosão nas margens, obtidos por meio de estacas e pinos na sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitas, MT (2007 e 2008).

Seção	Nº de Pinos	Tempo Transcorrido (meses)	Pino de Erosão (cm)			Erosão por Estacas (cm)
			Pinos Expostos inicial (cm)	Erosão acumulada (cm)	Magnitude da erosão (cm/mês)	Estacas
II	2	9	10 10	- -	- -	0,96
III	1	9	9	3	- 0,77	0,47
IV	2	9	10 10	4 6	-0,66 -0,44	0,45
V	1	9	10	14	0,44	0,26
VI	1	9	10	-	-	0,10
VII	2	9	10	-2*	-0,88*	1,21 *

*Processo de sedimentação.

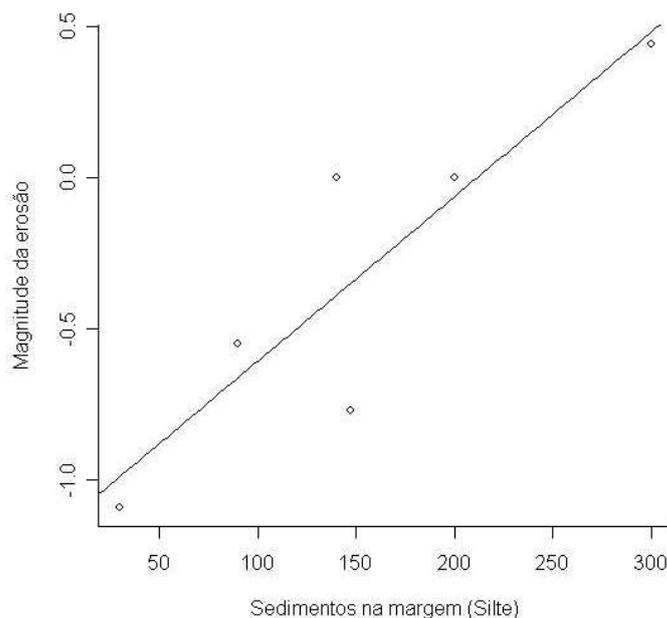
A magnitude da erosão, entretanto, variou de acordo com quantidade de argila na margem ($P < 0,05$, $N = 6$), sendo observada a relação negativa entre a erosão e a quantidade de argila (Figura 6). Um dos fatores que deve ter proporcionado para esse resultado foi variância considerando que os sedimentos servem como agente agregador. A concentração de argila faz os solos serem muito plásticos e 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 (SOUZA, 2004).

Figura 6: Relação entre a magnitude da erosão (cm) e a quantidade de argila ao longo das seções da sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitas, MT (2007 e 2008) ($P < 0,05$).



A proporção do silte influencia na magnitude da erosão ($P=0,02$, $N=6$); porém, foi observada uma relação positiva entre a erosão e a quantidade de silte na margem (Figura 7), indicando que esse sedimento não agiu como agente agregador para reter a erosão marginal, correspondendo à hipótese esperada.

Figura 7: Relação entre a magnitude da erosão (cm) e a quantidade de silte ao longo das seções da sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitãs, MT (2007 e 2008) ($P<0,05$).



A magnitude de erosão não foi significativamente diferente em função dos sedimentos de fundo das composições granulométricas (areia, silte e argila) e a suspensão ($P> 0,05$, $N=6$).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A composição granulométrica dos sedimentos da margem variou entre areia (grossa, média e fina), silte e argila. Os dados mostraram que a composição granulométrica das margens influenciou a erosão marginal, sendo comprovado estatisticamente que as margens com proporção de argila possuem maior estabilidade, onde a erosão acumulada é menor; porém, os dados mostram que o maior índice de erosão acumulada ocorreu nas margens com maior concentração de silte.

A erosão marginal, monitorada em nove meses no período de cheia e estiagem, variou de acordo com cada seção. Essa variância está relacionada principalmente à composição granulométrica, à velocidade do fluxo e tipo de margem e ao grau de preservação das margens. Na análise estatística, a magnitude da erosão variou de acordo com argila na margem, com $P<$

0,05. A porção de silte, como agente pode acelerar a erosão marginal, corresponde à probabilidade de 0,02, comprovando a hipótese de que o silte é um dos sedimentos que aumenta a magnitude da erosão.

As práticas agropecuárias aceleram a erosão marginal no córrego das Pitas, aumentam a concentração de sedimentos de fundo, suspensão transportada ao longo da sub-bacia, o que pode acarretar problemas ligados à biodiversidade local.

A erosão nas cabeceiras provoca a destruição das nascentes, os desmoronamentos modificam a calha e provocam depósitos no leito do rio. Os sedimentos transportados aumentam o custo de tratamento da água e contribuem para o assoreamento dos rios.

Assim, há a necessidade de gerenciar a sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitas com práticas participativas do poder público e dos moradores contidos na sub-bacia.

AGRADECIMENTOS

Ao projeto *Bacia hidrográfica do rio Jauru MT: processo de urbanização e impactos associados* – EDITAL 009/2006 da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT. 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

- BORDAS, M. P.; SEMMELMANN, F. R. Elementos de engenharia de sedimentos. In: TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia. ciência e aplicação. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 303, 2005.
- CALHEIROS, R. O.; TABAI, F. C. V.; BOSQUILIA, S. V.; CALAMARI, M. Preservação e recuperação das nascentes. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ – CTRN, 2004.
- CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia. Rio de Janeiro: CPMR, 1994.
- CERQUEIRA, A. F.; CUNHA, G. M.; RUIZ, H. A.; RESENDE, M. Retenção de água em areias de diferentes tamanhos, formas e minerologia. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 9, Anais (Resumo Expandido), Jaboticabal: SBCS, 1992.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1981.

- _____. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: Cunha S. B.; Guerra. A. J. T. (Org.). Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.
- FERNANDEZ, O. V. Q. Erosão marginal no lago da UHE Itaipu (PR). 1995. 110 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Naturais, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 1995.
- FERNANDEZ, O. V. Q. Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processo de erosão nas margens: região de Porto Rico, PR. 1990. 85 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Naturais, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 1990.
- HILL, A. R. Erosion of river bank composed of glacial till near Belfast, Northern Ireland Zeitschrift fur. Geomorphologie, 1973.
- HOOKE, J. M. An analysis of the processes of river bank erosion. Journal of Hidrology, vol. 42. 1979.
- HUGUES, D. J. Rates of Erosion on Meander Ares. In: GREGORY, K. J., ed. River Channel Changes, Chichester. John Wiley & Sons, 1977.
- KNIGHTON, A. D. Riverbank erosion in relation to streamflow conditions, River Bollin-Dean, Cheshire. East Midlands Geographer, v. 5, 1973.
- LAWLER, D. M. The use of erosion pins in river banks. Swansea Geographer, v. 16, 1978.
- LEEDER, M. R. River Plains. Sedimentology, Products and Process, London: Unwin Hyman, 1982.
- MOTA, I. S. A. Avaliação da erosão marginal e transporte de sedimentos na sub-bacia do riacho fundo, Distrito Federal. 2001. 162 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001.
- RESENDE, M.; CARVALHO JR, A.; LANI, J. L. Características do solo e da paisagem que influenciam a suscetibilidade à erosão. In: Simpósio de Manejo e Conservação do Solo no Cerrado, Campinas, Anais, 1992.
- SILVA, L. N. P da. Transformações espaço-temporal do uso do solo da sub-bacia hidrográfica do córrego das pitas, afluente da margem esquerda do rio Jauru (período de 1986-1998). 2007. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). Universidade do Estado de Mato Grosso. Cáceres, 2007.
- 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. 173 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. Rio de Janeiro, 2004.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography. Geol. Soc. America Bulletin, 1952. p. 1117-1142.

SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. São Paulo: Edgar Blucher, 1973.

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

TOMÉ JR., J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária, 1997.

TWIDALE, C. R. Erosion of a alluvial bank at Birdwood, South Australia. Zeitschrift fur Geomorphologie, 1964.