
A DINÂMICA FLUVIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO CACHOEIRINHA NO MUNICÍPIO DE CÁCERES - MATO GROSSO

THE FLUVIAL DYNAMICS OF THE HYDROGRAPHIC BASIN OF CACHOEIRINHA STREAM MUNICIPALITY OF CÁCERES - MATO GROSSO

Marcos dos Santos¹
Célia Alves de Souza²
Leila Nalis Paiva da Silva Andrade³

RESUMO: O objetivo do estudo foi verificar a hidrodinâmica e erosão marginal na bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, afluente da margem esquerda do rio Paraguai. Para execução da pesquisa realizou-se batimetria, medida a velocidade, vazão, instalação das estacas de madeira e dos pinos de ferro para verificar a erosão acumulada e a coleta de sedimentos. No laboratório foram realizadas análises granulométricas dos sedimentos das margens. Os parâmetros morfométricos foram através de fórmulas. A densidade de drenagem foi de 0,52 km/km² e a de canais 0,10 canais/km², considerada muito baixa. A vazão foi maior na seção III do alto curso (1,04 m³/s). A erosão marginal foi mais acentuada nas margens côncavas, próximo ao nível da água.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Erosão. Dinâmica fluvial.

ABSTRACT: The aim of the study was to hydrodynamics and marginal erosion in the watershed stream Cachoeirinha, a tributary of the left bank of the Paraguai River To search execution performed bathymetry, measurement speed, flow, installation of wooden stakes and iron pins to check the accumulated erosion and sediment collection. In laboratory size analysis of sediments from the banks were carried out. The morphometric parameters were obtained of formulas. The density of drain was of 0,52 km/km² and the one of canals 0,10 canals/km², considered very low. The discharge was larger in section III of high course (1,04 m³/s. The marginal erosion was more accented in to the water level in concave banks.

Keywords: Hydrographic basin. Erosion. Fluvial dynamics.

1 Professor no Curso de Geografia, Campus de Colíder na Universidade do Estado de Mato Grosso.
E-mail: mdsantos_23@hotmail.com

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

3 Professora do Curso de Geografia, Campus de Colíder -Universidade do Estado de Mato Grosso.
E-mail: leilaandrade@unemat.br

Artigo recebido para publicação em julho de 2016 e aceito para publicação em novembro de 2016.

INTRODUÇÃO

Estudos que abordam a dinâmica fluvial em bacias hidrográficas são considerados de extrema importância por discutir o seu funcionamento natural ou alterado por ações antrópicas. Dentre os resultados, pode ser dada ênfase à variação da quantidade de sedimentos transportados em suspensão e no fundo do canal, bem como, a composição granulométrica das margens e a quantificação da erosão marginal.

De acordo com Carvalho (1994) a erosão nos canais fluviais ocorre de modo contínuo através da corrente do fluxo d'água, podendo causar o aprofundamento e o alargamento dos leitos.

Christofoletti (1980), Suguio (1990), Carvalho (1994) e Cunha (2008) dizem que, a turbulência e a velocidade são intensamente relacionadas com os trabalhos realizados pelo rio, através da erosão, transporte e deposição de material. Mas, para ocorrer esse processo, é necessário um potencial de energia cinética disponível no curso fluvial, que é influenciado por alguns fatores, tais como: perfil transversal do canal fluvial, largura do canal, profundidade, volume do fluxo, declividade, coeficiente de rugosidade, concentração de sedimentos, entre outros.

Souza (2004) salienta que, o estudo desse mecanismo ocorre através do monitoramento e da quantificação da magnitude que são métodos importantes para compreender a evolução dos elementos da dinâmica fluvial, contribuindo na prevenção de desmoronamentos de solo das margens, evitando a perda de terrenos em áreas rurais ou urbanizadas.

Para Christofoletti (1980), os processos erosivos fluviais podem ocorrer sob três condições: a primeira é a Corrosão, causada por reações químicas realizadas através do contato entre a água e o material que compõe as margens; a segunda é a Corrasão causada pelo desgaste provocado pelo impacto ou atrito mecânico das partículas carregadas pela água, nas superfícies do fundo e nas margens; a terceira é a Cavitação, esta só ocorre em ambientes com elevada velocidade do fluxo, exercendo variadas pressões nas paredes do canal fluvial, fragmentando as rochas.

Vários estudos foram realizados sobre a dinâmica fluvial. Vale destacar alguns resultados, como os de Souza e Tosta (2010), os quais apresentam o estudo da “drenagem no córrego Macaúba-MS”; Silva et al. (2012) que abordam “as feições deposicionais e a composição granulométrica dos sedimentos de determinados trechos do rio Paraguai”; Egues, Souza e Andrade (2010) que pesquisaram “a erosão nas margens do rio Jaurú no município de Porto Esperidião-MT”; Leandro e Souza (2012) que realizaram “a análise dos sedimentos de fundo no rio Paraguai entre a foz do rio Cabaçal e a cidade de Cáceres-MT”.

O objetivo do estudo foi verificar a hidrodinâmica e erosão marginal na bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, afluente da margem esquerda do rio Paraguai, no sudoeste do Estado de Mato Grosso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A unidade de análise adotada para este estudo é a bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha. Com suas nascentes na Província Serrana entre a serra da Campina e serra da Chapola, possui uma área de 944,104 km² localizada a sudoeste do Estado de Mato Grosso entre as coordenadas geográficas 15° 35' 37" e 16° 12' 30" S e 57° 14' 36" e 57° 32' 24" W (Figura 1).

A bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha foi dividida em três setores: alto, médio e baixo cursos. Em cada setor foram instaladas seções de estudo e monitoramento, sendo: três seções no alto curso, duas seções no médio curso e uma seção no baixo curso.

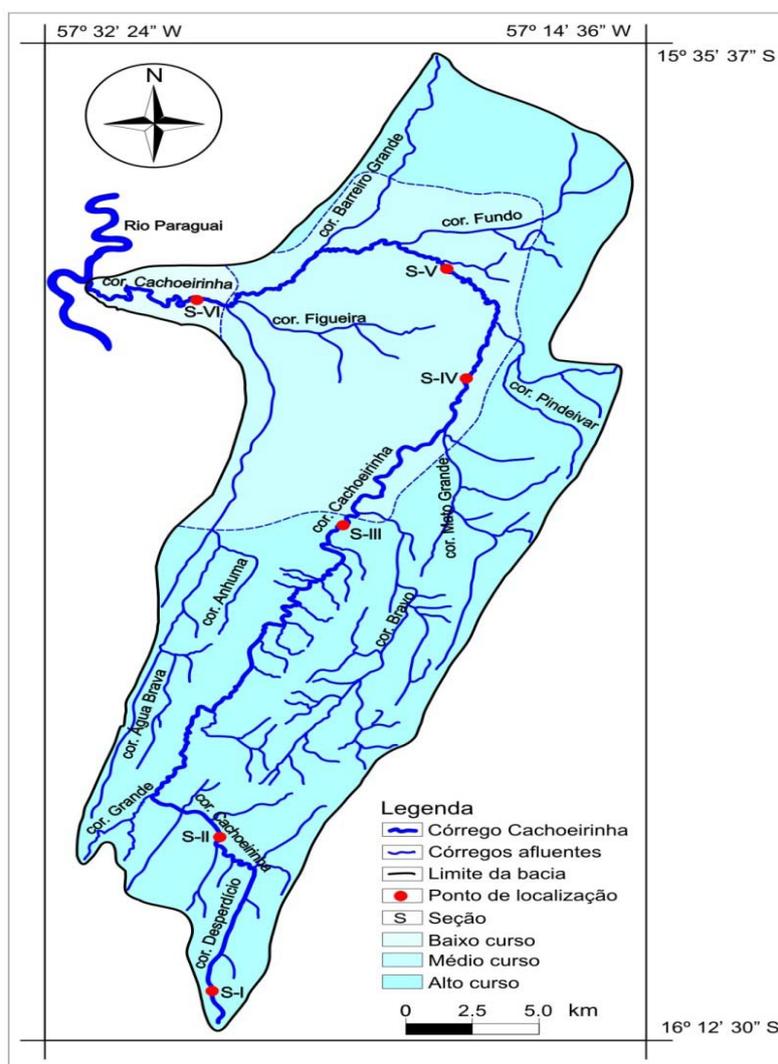


Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha

Procedimentos metodológicos

- **Trabalho de gabinete**

Os trabalhos de gabinete se iniciaram com a delimitação da área da bacia, a caracterização da rede de drenagem, a determinação da divisão da bacia em setores (alto, médio e baixo cursos) e a definição dos locais da instalação das seções (I, II, III, IV, V e VI). Para isso, foram utilizadas as cartas topográficas do Ministério do Exército (1975) na escala de 1:100.000 - Folhas: SE. 21-V-B-II – Cáceres, SD.21-Y-D-V – Três Rios, SE.21-V-B-III – Serra da Campina e SD.21-Y-D-VI – Serra da Palmeira.

Parâmetros morfométricos

De acordo com Christofolletti (1980), os aspectos morfométricos consistem na análise linear, areal e hipsométrica das bacias hidrográficas para definir a classificação

da forma de escoamento, os níveis hierárquicos, a área da bacia, a densidade dos rios, a densidade da drenagem, a vazão, a variação altimétrica longitudinal e os padrões de drenagem. Esses fatores podem influenciar tanto nas características de escoamento, como no processo de uso e ocupação da terra.

Classificação de acordo com o padrão de escoamento

O padrão do escoamento foi definido conforme as afirmações de Christofolletti (1980), salientando que, as bacias de drenagem são compostas por um conjunto de canais fluviais delimitados por uma área drenada, possuindo características de escoamento.

Hierarquia fluvial

Consiste no processo de estabelecer a classificação da hierarquia do conjunto total dos cursos de água de uma bacia hidrográfica. Desse modo, para determinar o ordenamento da hierarquia fluvial na bacia do córrego Cachoeirinha foi utilizado o método proposto por Arthur N. Strahler, em 1952, citado em Christofolletti (1980).

Densidade de rios

A densidade de rios possui a finalidade de identificar a quantidade de cursos de água e fazer a relação por quilômetro quadrado da área da bacia hidrográfica. Esse índice foi definido por Horton (1945), citado em Christofolletti (1980).

É calculado pela fórmula:

$$Dr = \frac{N}{A}$$

Onde:

Dr = Densidade de rios;

N = Número total de canais;

A = Área da bacia.

Densidade de drenagem

A densidade de drenagem é uma característica significativa como indicativo do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem em uma bacia hidrográfica. Considerando-se a variação na densidade para maior ou menor, permite-se indicar a velocidade com que a água pluvial escoou pela bacia (STRAHLER, 1957).

Correlacionado o comprimento total dos canais fluviais com a área da bacia hidrográfica, chega-se à densidade, conforme definida por Horton (1945), citado por Christofolletti (1980), através da equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Onde:

Dd = Densidade de drenagem;

Lt = Comprimento total dos canais;

A = Área da bacia.

Perfil altimétrico longitudinal

O perfil longitudinal de um curso fluvial mostra a sua declividade desde a nascente à foz, a partir de uma representação visual entre a altimetria e o comprimento do curso fluvial, que significa o gradiente (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Na elaboração do perfil foi utilizada imagem do Google Earth/2012, facilitando a identificação da localização das seções de estudo e, as informações referentes às curvas de nível presentes nas cartas topográficas do Ministério do Exército (1975).

Primeiramente o perfil foi desenhado em uma folha A4, constando as respectivas informações: altitude, comprimento, número das seções, distância entre as seções, extensão dos setores e a localização de cachoeiras.

Na arte final, a folha A4 foi digitalizada, utilizando-se o programa corel DRAW X3 para a vetorização, com o qual definiu-se os dados e os traços do perfil e a inserção das cores.

Padrão de drenagem

Para definir o padrão de drenagem da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha foram utilizados os conceitos de Christofolletti (1980). Eles definem os padrões das drenagens de acordo com as características espaciais das bacias hidrográficas, sendo o formato ou o aspecto traçado pelo conjunto dos canais fluviais, intimamente relacionados às questões geológicas e geomorfológicas da área.

Para determinar a velocidade média o processo foi repetido três vezes, somados os resultados e divididos por três usando (CUNHA, 2008).

$$V = \frac{d}{t}$$

Onde:

V = velocidade

d = distância

t = tempo --- (m/s)

Vazão

As seções transversais foram medidas utilizando-se a trena para determinar a largura e a profundidade do canal, sendo utilizada a fórmula sugerida por Cunha (2008), Sendo:

$$Q = V \cdot A$$

Onde:

Q = vazão;

V = velocidade das águas;

A = área --- (m²/s).

• Trabalho de campo

Monitoramento da batimetria

O levantamento da morfologia foi obtido através da relação entre as variáveis obtidas em campo, como largura, profundidade. Para obter informações da profundidade

e largura utilizou-se GPSmaps GARMIN 420s com ecobatímetro; para aferição da velocidade do fluxo usou o molinete hidrométrico modelo CPD-10;

Coleta das amostras do solo das margens

A coleta das amostras de solo das margens variou de 01 a 03 em cada seção monitorada, conforme as variações visuais da respectiva composição. Os materiais coletados foram armazenados em sacolas plásticas e etiquetados com os dados da localização de cada seção. Após a análise granulométrica, foi relacionada sua composição com a erosão marginal e com os sedimentos de fundo das seções (EMBRAPA, 1997).

Instrumentalização das instalações

Para monitorar e avaliar os processos erosivos nas margens do córrego Cachoeirinha, foram fixados pinos de ferro e estacas de madeira. Este método foi vastamente revisado e utilizado pelos pesquisadores Wolman (1959), Twidale (1964), Leopold; Emmett e Myrick, (1966), Cunha (2008), Fernandez (1990), Souza (1998), Souza e Cunha (2007), Egues, Souza e Andrade (2010), Andrade et al. (2010), Justiniano (2010), entre outros.

Os pinos de ferro

Conforme as características da margem foram fixados de dois a quatro pinos na posição horizontal, a partir do topo até o nível da água em intervalos de aproximadamente 0,40 cm. Os pinos foram alojados em uma coluna vertical nas margens côncavas, onde a projeção é mais íngreme, os processos erosivos se evidenciam com maior intensidade, além da facilidade na execução dos trabalhos.

Os pinos eram de aço galvanizado 5/16 mm de diâmetro com 0,50 cm de comprimento. Foram introduzidos 0,40 cm na margem e deixados expostos 0,10 cm para auxiliar na quantificação conforme a estabilidade ou o aumento da exposição dos pinos.

Para obter a magnitude da erosão foi usada a fórmula de Hooke (2003), adaptada por Fernandez (1995), sendo:

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

Onde:

Em = Magnitude da erosão calculada em cm/dia ou cm/mês;

L1 = Comprimento do pino exposto pelo processo erosivo;

L0 = Comprimento exposto inicialmente (10 cm);

t = Tempo transcorrido entre cada monitoramento (dias ou meses).

A erosão média para cada seção monitorada após dez meses foi a somatória dos recuos registrados dividido pelo número total de pinos instalados.

As estacas de madeira

Foram utilizadas para garantir o controle de erosão caso ocorresse desmoronamentos na margem que provocasse a perda de pinos.

Em cada seção foi fixada uma estaca com 0,30 cm de comprimento, permanecendo 0,5 cm expostos, afastada 2 metros da margem do canal fluvial. Seguindo as definições de Hugues (1977), as estacas foram alojadas de forma estratégica para que não fossem afetadas ou retiradas por habitantes locais.

- **Análise de laboratório**

Análise das amostras de sedimentos das margens

Para verificar a composição do material das margens foi realizada a análise granulométrica com amostras de 20g, pesadas em balança de precisão (marca Shimadzu – mod. AUY 220).

As amostras foram mantidas por 12 horas em contato com solução de dispersante químico (NaOH 0,1 M.L^{-1}) e, após iniciou-se o processo de agitação, mostrado na figura 39 (aparelho agitador de Wagner TE-160/24) em alta rotação (12.000 rpm) por 15 minutos. As frações areia (grossa, média e fina), silte e argila foram determinadas pelos métodos da pipetagem e peneiramento (figura 2) (EMBRAPA, 1997).



Figura 2. Balança de precisão, Agitador de Wagner e Agitador de peneiras.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha

A bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha se localiza a sudoeste do Estado de Mato Grosso e a nordeste do município de Cáceres. As principais vias de acesso a essa região é pela Rodovia Estadual MT-343 que liga a cidade de Cáceres aos municípios de Porto Estrela e Barra do Bugres (40 km), uma estrada municipal que dá acesso da Rodovia BR-070 à MT-343 (64 km) e navegando 90 km pelo rio Paraguai, subindo da cidade de Cáceres à foz do córrego Cachoeirinha.

Drenando uma área de 944,104km² entre as serras e os vales da Província Serrana e a Depressão do Alto Paraguai, pode ser classificada pela sua grandeza espacial como “média”. De acordo com Christofletti (1999), as bacias hidrográficas podem ser classificadas em pequena (até 100 km²), médias (100 a 1.000 km²) e grandes (acima de 1.000 km²).

O córrego Cachoeirinha possui 130 km de extensão. A maior parte do seu curso (90 km) escoar da direção SSO (Su-sudoeste) para NNE (Nor-nordeste), encaixado, devido ao controle estrutural da Província Serrana. Os últimos 40 km, após perder o controle estrutural, se redirecionam para Oeste, assumindo um padrão meandrante divagante desaguando na área de planície de inundação da margem esquerda do rio Paraguai.

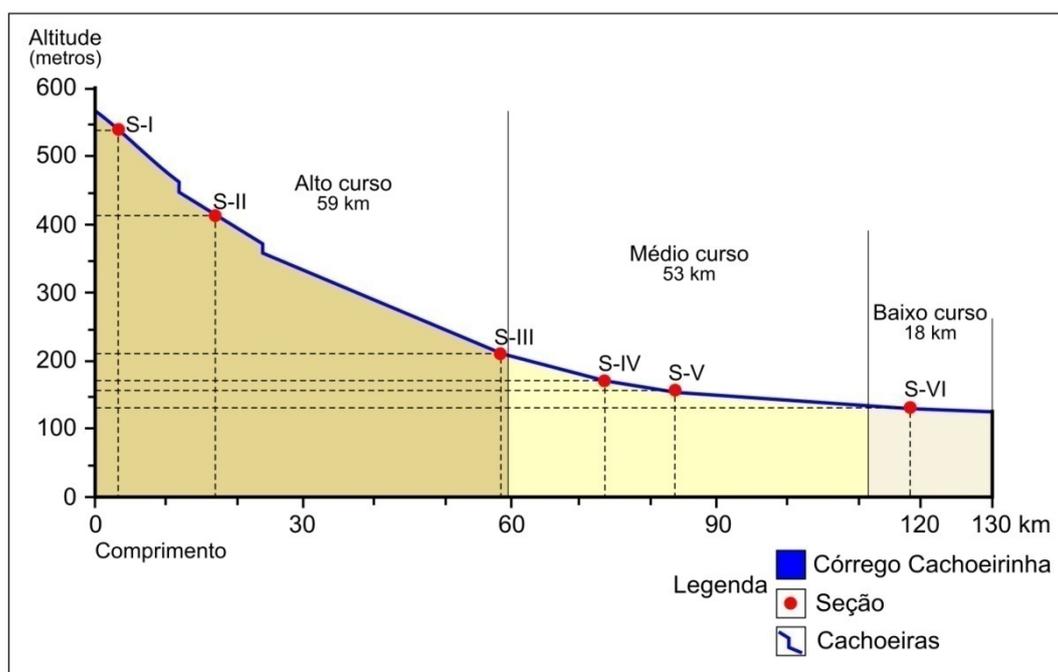
A bacia hidrográfica é formada por 97 canais fluviais, classificando-se na hierarquia fluvial como quarta ordem. Os principais afluentes da margem direita são: córrego Bravo, córrego Mato Grande, córrego Pindeivar, córrego Fundo e córrego Barreiro Grande e,

os da margem esquerda: córrego Grande, córrego Água Branca, córrego Anhumas e o córrego Figueira.

O canal do córrego Cachoeirinha ao percorrer o fundo dos vales entre as serras e os morros do alto e médio curso, possui o padrão meândrico encaixado. A calha possui o perfil transversal em formato “U”, pois o controle estrutural das feições morfológicas conduziu ao entalhamento vertical, desgastando o fundo do canal (rebaixamento do nível de base), preservando as margens íngremes.

Christofoletti (1971) salienta que, os meandros encaixados com controle estrutural são típicos de cursos fluviais de grande velocidade, com pequena e estreita planície aluvial, onde as sinuosidades se formaram antes da escavação, condicionados à topografia do relevo, sobre um embasamento de rochas resistentes.

O gradiente de desnível altimétrico do córrego Cachoeirinha da nascente a foz é de 435 metros. Nos intervalos entre as seções, o maior gradiente é registrado entre as seções II e III (42 km) com 203 metros (figura 3).



Elaborado por Santos/2012 a partir de imagens do Google Earth/2012 e informações das cartas topográficas do Ministério do Exército (1975).

Figura 3. Perfil altimétrico longitudinal do córrego Cachoeirinha.

Nos 75 km a partir da nascente do córrego Cachoeirinha, onde envolvem as seções I, II, III e IV, o gradiente é de 407 metros. Nesse trecho, a declividade do terreno, que somando-se aos afloramentos e aos blocos rochosos no fundo do canal, constituem a rugosidade do leito, tornando o fluxo da água turbulento.

O menor gradiente (4 m) é encontrado a partir da seção VI (133 metros de altitude) à foz do córrego Cachoeirinha, onde registra-se a altitude de 129 metros, sendo a área de influência da planície do rio Paraguai.

Entre os setores, o maior desnível altimétrico médio é encontrado no alto curso com 5,83 m/km, reduzindo-se no médio curso para 1,69 m/km. Sob influência da área de planície, aparece o menor desnível médio no baixo curso com 0,22 m/km.

Um aspecto que se torna relevante na bacia do córrego Cachoeirinha é a sensibilidade frente às precipitações de curta duração e de alta intensidade. O escoamento pluvial ocorre de forma rápida através das vertentes que estão nos vales da Província Serrana, não havendo tempo suficiente para infiltração, dificultando o estabelecendo de um fluxo contínuo em alguns afluentes, influenciando ainda no desenvolvimento da mata de galeria nas respectivas margens.

Alonso (2007) corrobora dizendo que, nas encostas das serras que possuem um rampeamento acentuado o fluxo pluvial desce de forma turbulenta, reduzindo o volume de água que abastece o lençol freático.

Considerando-se o desnível altimétrico abrupto em alguns locais, no sentido do alto para o médio curso, onde ocorre à transposição das serras compostas de rocha em arenito (Formação Raizama) resistentes aos processos erosivos fluviais, formam várias cachoeiras.

A exemplo desse fato percebe-se as cachoeiras existentes nas falhas entre as serras da Chapola e a serra da Cachoeira nas coordenadas 16°05'51,05" S e 57°26'18,07" W a 467 metros de altitude e na falha entre a serra Morro Grande e a serra Branca nas coordenadas 16°03'40,23" S e 57°28'34,39" W a 389 metros de altitude.

No baixo curso, com a perda do controle estrutural e a redução do desnível longitudinal, o canal fluvial assume o padrão meandrante divagante. As margens se mantêm íngremes nas partes côncavas e rampeadas nas convexas, onde ocorre o depósito dos sedimentos dando origem aos diques e aos cordões marginais. O fluxo torna-se do tipo laminar, perdendo a velocidade e a capacidade de transporte até chegar à foz na área de planície do rio Paraguai.

Parâmetros morfométricos da bacia do córrego Cachoeirinha

Conforme Christofolletti (1980), a forma ou o padrão do escoamento global das bacias hidrográficas pode receber as seguintes classificações: exorreica, endorreica, arreica e criptorreica.

De acordo com essas classificações, o córrego Cachoeirinha (afluente da margem esquerda do rio Paraguai), possui o padrão exorreica, pelo fato da bacia platina desaguar no mar, ambiente marinho (Oceano Atlântico).

Sendo controlada pela estrutura geológica e geomorfológica da Província Serrana, a direção do fluxo da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha segue a inclinação das camadas sinclinais, acompanhando a zona de fraqueza nos fundos dos vales, formando a drenagem subsequente. Devido à direção do fluxo ser contrário, correndo em sentido oposta à inclinação do rio principal que está à jusante (rio Paraguai) forma a drenagem obsequente.

O controle estrutural da Província Serrana faz com que o escoamento da bacia do córrego Cachoeirinha assuma a direção SSO (su-sudoeste) para NNE (nor-nordeste), enquanto a drenagem do rio Paraguai, sob influência do Planalto dos Parecis, escoar da direção Norte para o Sul.

O alto curso da bacia escoar de forma encaixada pelo fundo do vale. Nas encostas das serras paralelas que compõem a Província Serrana afloram os afluentes que correm nos seus respectivos vales acompanhando o desnível até alcançar o leito do córrego Cachoeirinha. Desse modo, a rede de drenagem enquadra-se como padrão de drenagem paralela.

Considerando-se as afirmações de Christofolletti (1980, p. 103), o padrão de drenagem refere-se à disposição espacial dos cursos fluviais, sendo influenciados por: [...] *sua atividade morfogenética, pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região.*

Densidade de drenagem

Na bacia do Cachoeirinha o comprimento total dos canais de drenagem é de 483,5 km. Sendo assim, a densidade encontrada foi de 0,52 km/km², mostrando que esse índice é um pouco acima das bacias pobremente drenadas. De acordo com Villela e Mattos (1975), a densidade de drenagem em uma bacia hidrográfica pode variar de 0,5 km/km² em bacias pobremente drenadas a 3,5 km/km² ou mais em bacias bem drenadas.

Densidade de rios

Os dados sobre a densidade dos rios têm o objetivo de comparar a quantidade de cursos fluviais dentro da bacia hidrográfica. Nesse contexto, a densidade na bacia do córrego Cachoeirinha apresentou 0,10 canais/km², sendo considerada muito baixa. As explicações que podem justificar essa densidade está relacionada à geologia, aos aspectos geomorfológicos e a indisponibilidade de água pluvial (sazonalidade).

Vestenaet al. (2006), em estudo realizado na bacia hidrográfica do rio Caeté, no município de Alfredo Wagner/SC, apontou 1,9 rios/km², caracterizando como uma área bem drenada, sendo superior a encontrada na bacia do Cachoeirinha.

Hidrodinâmica da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha

O estudo da dinâmica fluvial foi realizado em seis seções ao longo do perfil longitudinal, envolvendo a descrição geral das seções: verificação da largura; profundidade do canal e velocidade do fluxo; vazão; monitoramento da erosão fluvial; análise granulométrica dos sedimentos das margens.

Ao longo do perfil longitudinal nos setores do alto e médio curso o canal fluvial é encaixado e a seção transversal entre as margens possui a forma de “U”. A ação dos processos erosivos fluviais retira material das margens côncavas e deposita nas convexas formando algumas feições, como: barras laterais, cordões marginais, diques marginais (compostos de areias, seixos de quartzo e de arenito rolados).

Nas seções monitoradas a profundidade no nível da água variou de 0,03 a 1,31 m, a velocidade do fluxo ficou entre 0,017 a 0,12 m/s, a vazão variou entre 0,015 a 1,04 m³/s (Tabela 1).

Tabela01. Características hidrodinâmicas das seções monitoradas em dezembro de 2011

DADOS	Setores da bacia do córrego Cachoeirinha					
	Alto curso			Médio curso		Baixo curso
	Seção I	Seção II	Seção III	Seção IV	Seção V	Seção VI
Profundidade (m)	0,03	0,07	0,54	0,91	0,71	1,31
Velocidade (m/s)	---	0,048	0,12	0,038	0,017	0,02
Área molhada (m ²)	0,021	0,32	8,69	13,37	11,28	21,22
Vazão (m ³ /s)	---	0,015	1,04	0,50	0,19	0,42

Elaborada por Santos (2012).

A avaliação da composição granulométrica do solo das margens é muito importante, pois possibilita fazer um diagnóstico das áreas mais susceptíveis aos processos erosivos marginais. Nesse contexto, foi possível quantificar a porcentagem das frações: areia grossa, média e fina; silte e argila, em cada seção monitorada. Os resultados da análise granulométrica dos sedimentos das margens apresentaram maior ocorrência de silte e areia fina (Tabela 02).

Tabela 02. Análise granulométrica das margens do córrego Cachoeirinha.

Setor	Seção	Granulometria das margens (%)					
		Amostras	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Silte	Argila
Alto Curso	I	Margem esquerda	---	9,05	28,8	60,95	1,15
	II	Margem direita	---	13,45	37,75	47,4	1,25
		Margem esquerda	---	19,6	28,75	45,95	1,65
	III	Margem direita	1	13,6	33,55	50,15	1,65
Médio Curso	IV	Margem direita	0,65	16,25	43,9	38,2	1,15
		Margem esquerda	3,05	15,2	39,3	41,25	1,1
	V	Margem direita	---	3,6	46,8	48,25	1,3
Baixo Curso	VI	Margem direita	---	2,7	6,02	36,5	0,55

Elaborada por Santos (2012).

Durante os dez meses de monitoramento utilizando os pinos de ferro e as estacas de madeira, a erosão marginal acumulada nas seis seções variou de 0,03 cm a 7,3 cm e a magnitude de 0,03 a 0,073cm/mês (Tabela 03).

Tabela 03. Resultados da erosão acumulada e a magnitude da erosão nas margens do córrego Cachoeirinha.

Setor	Seção	Nº de Pinos	Exposição inicial Dez/2011 (cm)	Exposição final Out/2012 (cm)	Período (meses)	Erosão acumulada (cm)	Magnitude da erosão (cm/mês)
Altocurso	I m. e*	1	10	10,5	10	0,5	0,05
		2	10	9,5	10	-0,5	-
		3	10	10,3	10	0,03	0,03
	II m. d*	1	10	10,0	10	---	---
		2	10	10,0	10	---	---
		3	10	Retirado	10	---	---
	II m. e*	1	10	10	10	---	---
		2	10	13,2	10	3,2	0,032
		3	10	13	10	3	0,030
	III m. d*	1	10	10	10	---	---
		2	10	10	10	---	---
		3	10	4	10	-6,00	-
4		10	10	10	---	---	

Médio curso	IV m. d*	1	10	11	10	1	0,010
		2	10	10,5	10	0,05	0,05
		3	10	9	10	-1,00	-
		4	10	6	10	-4,00	-
	IV m. e*	1	10	10,5	10	0,05	0,05
		2	10	9	10	-1	-
		3	10	6	10	-4	-
		4	10	Retirado	10	-	-
	V m. d*	1	10	11	10	1	0,010
		2	10	10,3	10	0,03	0,030
		3	10	17,3	10	7,3	0,073
	Baixo curso	VI m. d*	1	10	9,5	10	-0,50
2			10	10	10	---	---

(**m. d***) margem direita – (**m. e***) margem esquerda

Elaborada por Santos (2012).

A seção 1 foi registrada erosão no pino 1 (0,5 cm) na margem plena e no pino 3 (0,03 cm) no nível da água. No pino de nº 2 ocorreu o processo inverso, ou seja, a sedimentação de meio centímetro com o material que foi removido da base do pino 1 por meio do escoamento pluvial (Tabela 03).

Na seção 2 o canal do córrego Cachoeirinha se apresenta com menor sinuosidade, com o leito encaixado e o perfil transversal da calha em forma de “U”. Nas barras de sedimentos formadas nas margens convexas, verifica-se a presença de material grosseiro (areia e seixos de arenito rolado) que foram depositados durante os períodos de chuva.

O solapamento basal é um dos processos erosivos visivelmente atuantes nas margens côncavas. A retirada de material da base juntamente com os desmoronamentos dos blocos contribui no processo de assoreamento do canal e na composição dos sedimentos de fundo e em suspensão.

Desse modo, a erosão acumulada nesta seção durante os dez meses de monitoramento variou entre 3 a 3,2 cm e a magnitude da erosão de 0,030 a 0,032 cm/mês (Tabela 03). Nesta seção, não se registrou erosão na margem convexa (direita), porém, na margem côncava o processo erosivo foi atuante.

As observações feitas por Souza (2004), ao estudar os processos erosivos das margens do rio Paraguai-MT e, Silva (2009), no córrego das Pitas-MT, mostram que os maiores índices de erosão acumulada também foram registrados nas margens côncavas.

Na seção 3 o canal é meandrante encaixado, com intenso processo de erosão das margens côncavas e a formação de bancos de sedimentos nas margens convexas, tais como: os de areia e os de seixos de arenito que são rolados durante o período de cheia na região. Não se registrou erosão nessa seção. Entretanto, em função do escoamento pluvial removendo e transportando partículas da encosta, passando pela face da margem

para dentro do canal fluvial, houve o processo de sedimentação. Considerando que esta margem possui um degrau rampeado na sua parte intermediária, possibilitou o acúmulo de folhas secas e o nascimento de gramíneas no mesmo local onde foram fixados os pinos.

Na seção 4 o canal fluvial apresenta-se com fluxo turbulento e a formação de corredeiras. O canal do córrego Cachoeirinha segue com padrão meandrante encaixado, com o perfil transversal entre as margens em forma de “U”. Nesta seção não se registrou erosão marginal, porém na inferior, próximo ao nível da água houve o processo de sedimentação.

Nessa seção 5 o canal começa a perder o controle estrutural exercido pela Província Serrana e a assumir um padrão meandrante divagante. A margem côncava se apresentou de forma íngreme com intenso processo de erosão por solapamento basal e a margem convexa rampeada. O maior valor de erosão acumulada foi registrado nesta seção, próximo ao nível da água, variando de 0,03 a 7,3 cm e a magnitude da erosão de 0,010 a 0,073 cm/mês (Tabela 03).

Na Seção 6 não ocorreu erosão das margens, estando associada à redução da declividade da área de influência da planície de inundação do rio Paraguai e consequentemente, a diminuição da velocidade de fluxo, tornando-se lento.

Cunha (2008) explica que, ao longo do perfil longitudinal de um curso fluvial, quando a velocidade torna-se lenta e uniforme, as águas fluem em camadas, sem turbulência, constituindo o fluxo laminar. Desse modo, os processos erosivos são diminuídos e a capacidade de transporte se reduz, deslocando apenas partículas muito finas (argila e silte), o que anula a capacidade erosiva das margens.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução da pesquisa mostrou uma estreita relação entre a rede de drenagem fluvial e a dinâmica do relevo. O canal principal nasce na encosta da confluência das serras da Campina e da Chapola na Província Serrana e, segue com padrão meandrante encaixado por 90 km. Os últimos 40 km assumem o padrão meandrante divagante e deságua na margem esquerda do rio Paraguai.

A bacia de drenagem é classificada em quarta ordem. Os canais secundários correm paralelos seguindo a declividade do terreno até desaguar no córrego Cachoeirinha. O comprimento total dos canais fluviaes é de 483,5 km, compondo a densidade de 0,10 canais/km², sendo considerada muito baixa e, a de densidade de drenagem 0,52 km/km². Esse índice mostra que bacia é mal drenada, estando relacionada à litologia, geomorfologia, precipitação (período chuvoso e de estiagem), dentre outros fatores.

A profundidade e a área molhada aumentam em direção a jusante, estando associadas ao acréscimo do fluxo dos afluentes. A velocidade apresentou maiores resultados nas seções II (0,048 m/s) do alto curso e IV (0,038 m/s) do médio curso em razão do acentuado desnível longitudinal, dando origem as corredeiras. Os dados de vazão apresentaram-se maiores na seção III (1,04 m³/s) do alto curso e V (0,50 m³/s) do médio curso.

A erosão marginal acumulada nas seis seções variou de 0,03 cm a 7,3 cm e a magnitude de 0,03 a 0,073cm/mês. Os resultados da análise granulométrica mostram que a areia fina e o silte predominam nas margens, tornando-as vulneráveis aos processos erosivos, principalmente no período chuvoso quando aumenta a força hidráulica, removendo partículas. Nesse contexto, fica evidente a necessidade de planos de manejo, com práticas participativas do poder público e dos moradores locais, com projetos de incentivo à educação ambiental visando assegurar um ambiente conservado.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, U. R. **Rebaixamento temporário de aquíferos**. São Paulo: oficina de textos, 2007. 152 p.
- ANDRADE, L. N. P. S.; SOUZA, C. A.; BINDANDI, S. C.; BINDANDI, N. M. Erosão marginal e transporte de sedimentos na sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitas/MT. In: JORGE, A. C.; FERREIRA, Z. S. **Eco-pantanalMatogrossense: gestão ambiental**. Cáceres-MT: ed. UNEMAT, 2010. p. 116–147.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPMR, 1994. 372 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: ed. Blucher, 1980. 188 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas Ambientais**. 1 ed. São Paulo: ed. Blucher, 1999. 236 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Notícia geomorfológica**. Campinas-SP. V. 11. N. 22, dezembro de 1971. 84 p.
- CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 8 ed. Rio de Janeiro: ed. Bertrand Brasil, 2008. p. 211 – 234.
- EGUES, F. A.; SOUZA, C. A.; ANDRADE, L. N P. S. Erosão nas margens do rio Jauru, Comunidade Beira-rio, Município de Porto Esperidião-MT. In: JORGE, A. C.; FERREIRA, Z. S. **Eco-pantanalMatogrossense: gestão ambiental**. Cáceres-MT: ed. UNEMAT, 2010. p. 104 – 115.
- EMPRESA BRASILEIRA E PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA solos, 1997. 212 p.
- FERNANDEZ, O. V. Q. **Erosão marginal no lago da UHE Itaipu/PR**. Tese (Doutorado em Geociências) Instituto de Geociências e Ciências Exatas- UNESP: Rio Claro/SP, 1995. 110 f.
- FERNANDEZ, O. V. Q. **Mudanças no canal fluvial do Rio Paraná e processos de erosão nas margens: Região de Porto Rico - PR**. Dissertação (Mestrado em Geociência e Ciências Naturais) Universidade Estadual Paulista - Instituto de Geociências e Ciências Naturais. Rio Claro, 1990. 85 f.
- HUGUES, D. J. Rates of Erosion on Meander Ares. In: GREGORY, K. J. (Org.). **River ChannelChanges**. Chichester. ed: John Wiley& Sons, 1977.
- JUSTINIANO, L. A. A. **A dinâmica fluvial do rio Paraguai entre a foz do rio Sepotuba e a foz do rio Cabaçal**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade do Estado de Mato Grosso. Cáceres-MT, 2010. 71 f.
- LEANDRO, G. R. S.; SOUZA, C. A. Pantanal de Cáceres: composição granulométrica dos sedimentos de fundo no rio Paraguai entre a foz do rio Cabaçal e a cidade de Cáceres, Mato Grosso, Brasil. **Revista Ambiente&Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 7, n.2, 2012. Disponível:<<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.876>>. Acessado: 01/11/2012.
- LEOPOLD, L. B.; EMMETT, W. W.; MYRICK, R. M. Channel and hillslope processes in a semiarid area. New México. U.S - **Geog. Surv. Prof. Paper**, v. 352-6, 1966. p. 193 - 253.
- SANTOS, M; BÜHLER, H. F.; CEBALHO, E. C.; OLIVEIRA, R.; SOUZA, C. A.; PIERANGELI, M. A. P. Caracterização ambiental do rio Paraguai entre a praia da

- Ximbuva e a cidade de Cáceres – MT. In: SOUZA, C. A. (Org.). **Bacia hidrográfica do rio Paraguai – MT: dinâmica das águas, uso, ocupação e degradação ambiental**. São Carlos: ed. Cubo, 2012. p. 191 – 202.
- SILVA, F. C.; FREITAS, I. J.; CRUZ, J. S. B.; OLIVEIRA, M. A. P.; SOUZA, C. A.; ANDRADE, L. N. P. S.; MAROSTEGA, G. B. Feições deposicionais e composição granulométrica dos sedimentos em alguns trechos do rio Paraguai: Passagem Velha, Barranco do Touro, Baía do Quati e foz do córrego Padre Inácio no município de Cáceres-MT. In: SOUZA, C. A. (Org.). **Bacia hidrográfica do rio Paraguai – MT: dinâmica das águas, uso, ocupação e degradação ambiental**. São Carlos-SP: ed. Cubo, 2012. p. 119 – 129.
- SOUZA, C. A. **Bacia hidrográfica do córrego Piraputanga-MT: avaliação da dinâmica atual**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1998. 117 f.
- SOUZA, C. A. **Dinâmica do corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004. 173 f.
- SOUZA, C. A.; CUNHA, S. B. Pantanal de Cáceres-MT: dinâmica das margens do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas**. Ano 4, v. 1, n. 5, p. 18 – 42, 2007. Disponível em <http://www.ceul.ufms.br/revista-geo/artigo_celia_sandra_2pdf>. Acessado em 06 de dezembro de 2011.
- SOUZA, M. A.; TOSTA, R. M. S. Estudo preliminar quantitativo das características da rede de drenagem da sub-bacia do córrego Macaúba/MS. In: JORGE, A. C.; FERREIRA, Z. S. **Eco-pantanal Matogrossense: gestão Ambiental**. Cáceres-MT: ed. UNEMAT, 2010. p. 83 – 103.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions Analysis of the American Geophysical Union**, New Haven, v. 38, 1957. p. 913 - 920.
- SUGUIO, K. **Ambiente fluvial**. 2 ed. Florianópolis: Editora da Universidade Federal do Paraná, 1990. 183 p.
- TWIDALE, C. R. Erosion of alluvial bank at birdwood, South Australia. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v. 8, 1964. p. 189 - 211.
- VESTENA, L. R.; CHECCHIA, T.; KOBAYAMA, M. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Caeté, Alfredo Wagner/SC. In: **Anais... VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Goiânia-GO, 2006.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: ed. Mc Graw-Hill, 1975. 245 p.
- WOLMAN, M. G. Factors influencing erosion of a cohesive River Bank. **American Journal Science**. v. 257, 1959. p. 204 – 216.