



TRANSPORTE DE SEDIMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO EM BONITO/MS

Heloiza Teodoro Zubcov¹; Daniel De Lima Souza²; Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho³; Guilherme Henrique Cavazzana⁴

ABSTRACT – The sediment transport in watersheds is directly related to the morphology, topography, vegetation cover and soil composition, these factors will directly influence the amount of sediments that will reach the beds of the water bodies of these hydrographic basins. The sediments that reach the water bodies compromise the quality of the water. The main objective of this work was to evaluate the seasonality of sediment production both in the dry season and in the rainy season, in the Rio Formoso basin in the municipality of Bonito - MS, which besides having the potable water supply of the municipality from Rio Formoso counts on tourism to be part of the local economy. Five sampling points were chosen, where liquid discharge, suspended sediment sampling and bed sediment sampling were performed, and it was possible to calculate the total daily solid discharge at each measured point. Analyzing sediment discharges at points, it can be observed that, except for the dry period of point two, all other points in both periods, presented a predominance in the solid bed discharge, due to the predominance of the sandy soil of the region, which provides sedimentation, increasing the risk of sedimentation of water bodies and justifying the higher amount of sediment transported by the bottom in relation to those transported in suspension. In the rainy season there was a great increase in the amount of sediment transported daily in relation to the dry season, suggesting a direct influence of the rain in the sediment production. The results showed the high capacity of sediment production in the rainy season, with the exception of points one and four, and low sediment transport capacity during the dry period at points one, two, three, point four presents average production capacity and point five presents high capacity of sediment production, being necessary to make different decisions between the points of the hydrographic basin of Rio Formoso.

Palavras-Chave – Descarga Sólida, Rio Formoso, Sedimentos em Suspensão.

1) Univerisdade Católica Dom Bosco - UCDB, heloizateodoroz@gmail.com

2) Univerisdade Católica Dom Bosco - UCDB, d.l.souza@outlook.com

3) Univerisdade Católica Dom Bosco - UCDB, fernando@ucdb.br

4) Univerisdade Católica Dom Bosco - UCDB, rf4895@ucdb.br



1 - INTRODUÇÃO

A utilização dos recursos naturais de maneira desordenada devido ao aumento da produção agrícola e da demanda por água, assim como a poluição e contaminação desses recursos, vem se tornando rotineiro, trazendo grande prejuízo ambiental em várias regiões do Brasil.

As degradações das bacias hidrográficas pela ação do homem ocorrem principalmente através de desmatamentos para formação de agriculturas e pastagens, sendo essas atividades associadas aos fenômenos naturais de erosão, porém maiores que aquelas ocorridas naturalmente ao longo de vários anos (CARVALHO, 2008). Um dos problemas causados pelos processos erosivos é a diminuição da seção de vazão nos leitos dos rios (ELLIOT & WARD, 1995).

Para manter uma bacia hidrográfica com bom funcionamento por um longo período de uso, deve-se dispor de recursos tecnológicos e estudos para fazer a avaliação das situações existentes e propor alternativas para gestão e uso do solo e da água (ANACHE *et al.*, 2013; TOMÁS & COUTINHO, 1993). Um dos meios de avaliar o bom funcionamento da bacia hidrográfica é por meio da hidrossedimentologia, que é a ciência que estuda os processos erosivos, que estão relacionados com a dinâmica da água e dos sedimentos.

Os processos de deposição dos sedimentos têm uma significância maior quando se trata dos estudos de assoreamento de reservatórios, já que devido ao barramento construído no curso d'água, ocorre a diminuição da velocidade do fluxo, conseqüentemente, a sedimentação das partículas em suspensão, nos mais variados tamanhos, ocorre com maior escala.

Para Walling (1990), a produção de sedimentos pode ser definida como a parcela representativa da produção total de sedimentos de uma bacia em decorrência dos processos erosivos atuantes, e podem ser descritos como a diferença entre a erosão bruta e a quantidade de material que não atingiu a calha de drenagem da bacia.

Os sedimentos que acabam chegando aos cursos d'água têm granulometria variada e o transporte desses sedimentos varia de acordo com as condições do local e de escoamento (CARVALHO, 2008). Os sedimentos mais finos, ou seja, com menor granulometria, se deslocam na mesma velocidade do escoamento superficial, por outro lado, os sedimentos mais grosseiros ou de maior granulometria se movem ocasionalmente, ou permanecem estáticos por período indeterminado (CUNHA FILHO, 2009; EDWARDS & GLYSSON, 1999).

Os sedimentos de menor granulometria são transportados em suspensão e, normalmente, são compostos por argila, areia e silte, e são levados para os cursos d'água através de escoamento superficial (POWELL, 2009). Os sedimentos grosseiros ou de maior granulometria (areia ou classe superior) são transportados sobre o leito através de movimentos de deslizamento ou rolamento (POWELL, 2009; CARVALHO, 2008). O sedimento de fundo é definido como material transportado



junto ao leito do rio, por movimentos de deslizamento ou rolagem (GORDON *et al.*, 2004; WARD & TRIMBLE, 2004).

A qualidade das águas superficiais de Bonito é de fundamental importância para o desenvolvimento do turismo local, já que essa atividade econômica é a maior geradora de empregos na região, desta forma, a manutenção da qualidade dos recursos hídricos torna-se fundamental para manter a qualidade ambiental e para o desenvolvimento socioeconômico da população bonitense ligada ao turismo (SILVA, 2015).

Deste modo, com base na importância da bacia hidrográfica do Rio Formoso para o sistema de abastecimento de água da cidade de Bonito/MS e para a economia local, o objetivo desse trabalho foi avaliar a sazonalidade na produção de sedimentos tanto no período de seca como no período chuvoso, por meio do estudo hidrossedimentológico.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Área de Estudo

Inserida no Município de Bonito/MS, a bacia Hidrográfica do Rio Formoso ocupa uma área de aproximadamente 1.475,36 km² e tem extensão aproximada de 100 km da nascente até a foz, sendo um dos afluentes do rio Miranda.

Na maior porção do município, o clima é úmido, apresenta índice efetivo de umidade com valores anuais variando de 40 a 60%. A precipitação pluviométrica anual varia entre 1.500 a 1.700mm, excedente hídrico anual de 800 a 1.200mm, durante 05 a 06 meses e deficiência hídrica de 350 a 500mm, durante 04 meses (MATO GROSSO DO SUL, 2011).

As coletas foram realizadas nos meses de outubro e novembro de 2015, correspondendo ao período seco e nos meses de março e maio 2016, correspondendo ao período chuvoso. Os pontos de coleta foram definidos levando-se em consideração a facilidade de acesso a esses pontos, assim como a autorização dos proprietários, buscando avaliar a carga de sedimentos transportados na bacia do Rio Formoso, deste modo os pontos foram locados no exutório das principais microbacias que contribuem para o Rio Formoso e também no seu próprio exutório, conforme Figura 1.

2.2 - Medição da Descarga Líquida

Para medição da descarga líquida, foi utilizado o método convencional do molinete hidrométrico de Newton, juntamente com o contador eletrônico de rotações. Em cada ponto foram feitas duas medições, sendo, uma no período de seca e outra no período chuvoso, nos quais foi utilizado o método da meia seção.

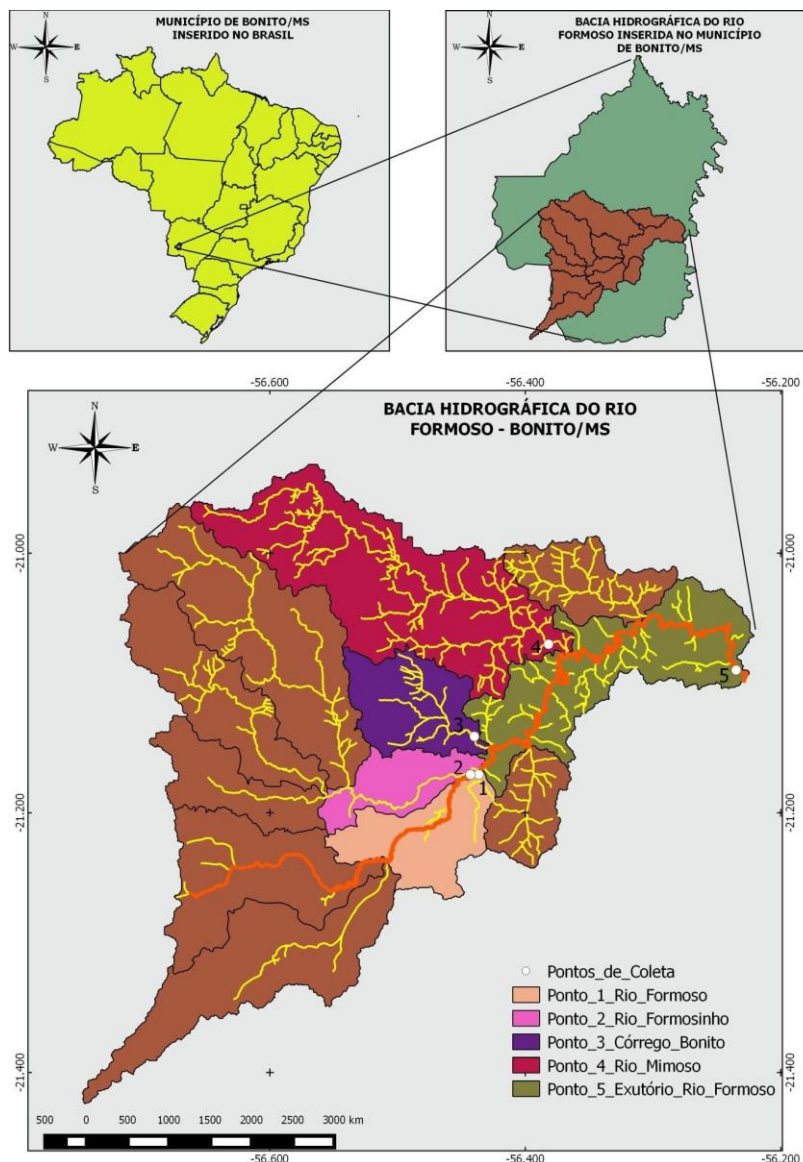


Figura 1 – Área de estudo: mapa da bacia Hidrográfica do Rio Formoso no município de Bonito/MS, destacando a hidrografia e pontos de coleta.

2.3 - Amostragem de Sedimentos em Suspensão

Para amostragem de sedimentos em suspensão foi utilizado o amostrador US DH-48 pelo método de integração na vertical. Como a distribuição de sedimentos varia em toda a largura do rio e em profundidade, a amostragem foi feita em inúmeras verticais permitindo obtenção de valores médios ao longo da seção.

Para determinação da concentração de sedimentos em suspensão foi usado o método de evaporação.

2.4 - Amostragem de Sedimento de Leito

Para amostragem de sedimentos de leito foi utilizada a draga de Petersen. A amostra foi



seca em estufa, destorroada, quarteada e aplicado o método de peneiramento, utilizando uma série de peneiras Teyler com numeração de 5; 16; 32; 60; 115 e 250, para a determinação da curva granulométrica.

2.5 - Descarga Sólida

A descarga sólida total de sedimentos foi determinada pelo método simplificado de Colby, que se baseia na descarga líquida, na velocidade média e na largura total da seção de medição, como também na concentração de sedimentos em suspensão; sendo aplicada a Equação 1 para o cálculo da descarga sólida total.

$$Q_{st} = Q_{sm} + Q_{nm} \quad (1)$$

$$Q_{sm} = 0,0864 \times Q \times C'_s \quad (2)$$

$$Q_{nm} = q'_{nm} \times K \times L \quad (3)$$

Onde: Q_{st} é a descarga sólida total [$t \cdot d^{-1}$]; Q_{sm} é a descarga sólida medida [$t \cdot d^{-1}$]; Q_{nm} é a descarga sólida não medida [$t \cdot d^{-1}$]; Q é a descarga líquida [$m^3 \cdot s^{-1}$]; C'_s é a concentração medida [ppm]; L é a largura do rio [m]; e K é o fator de correção tabelado pela metodologia de Colby.

Por fim, as descargas sólidas de sedimentos calculadas foram comparadas com os critérios internacionais de produção de sedimentos proposto por Carvalho (2000), pois valores altos na produção de sedimento podem ser prejudiciais, podendo afetar reservatórios, rios e lagos com depósitos indesejáveis.

Tabela 1 - Valores de produção de sedimentos aceitáveis

| Classificação | Produção de Sedimentos ($t \cdot km^{-2} \cdot ano^{-1}$) |
|---------------|-------------------------------------------------------------|
| Alta | > 175 |
| Média | 70 a 175 |
| Baixa | < 35 |

Fonte: Adaptado de Carvalho *et al.* (2000, pg. 19)

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise da curva granulométrica das amostras de sedimento de leito determinada para cada ponto, no período de seca, classificaram-se como areno-siltoso no ponto 1, pedregoso nos pontos 2 e 4, arenoso nos pontos 3 e 5. No período chuvoso, os sedimentos de leito tiveram a seguinte classificação: areno-siltoso no ponto 1, arenoso nos pontos 2 e 4, pedregoso-arenoso nos pontos 3 e 5. Evidencia-se a maior capacidade de transporte de sedimentos de maiores dimensões e densidades nos períodos chuvosos, aos períodos secos, devido ao aumento da energia cinética provocada pelos fluxos superficiais de escoamento.

Os resultados da descarga sólida total são apresentados na Tabela 2.



Tabela 2 – Descarga sólida total por dia, calculada pelo método simplificado de Colby.

| Local de Coleta | Ponto 1 Rio Formoso | | Ponto 2 Rio Formosinho | | Ponto 3 Córrego Bonito | | Ponto 4 Rio Mimoso | | Ponto 5 Rio Formoso | |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|-----------------------|---------------|------------------------|---------------|
| | Área das Micro-Bacias (km ²) | 75,761 | | 49,717 | | 75,388 | | 254,087 | | 163,557 |
| Período de Medição | Seco * | Chuvoso ** | Seco * | Chuvoso ** | Seco * | Chuvoso ** | Seco * | Chuvoso ** | Seco * | Chuvoso ** |
| Datas das campanhas | 01/11 | 27/05 | 31/10 | 26/05 | 16/10 | 05/03 | 17/10 | 05/03 | 16/10 | 26/05 |
| Descarga líquida (m ³ .s ⁻¹) | 4,03 | 6,6 | 1,6 | 5,21 | 0,46 | 1,64 | 0,81 | 2,74 | 10,17 | 17,65 |
| Velocidade média (m.s ⁻¹) | 0,25 | 0,31 | 0,17 | 0,82 | 0,53 | 0,85 | 0,14 | 0,22 | 0,48 | 0,96 |
| Largura (m) | 13,3 | 10,7 | 8,6 | 11,7 | 4,05 | 4,8 | 11,6 | 13,6 | 21 | 22,4 |
| Concentração (ppm) | 0,6943 | 0,0113 | 0,8414 | 0,0112 | 0,3867 | 0,8371 | 0,3213 | 0,7443 | 0,2813 | 0,0762 |
| Profundidade Média (m) | 1,21 | 1,97 | 1,12 | 0,55 | 0,22 | 0,41 | 0,48 | 0,93 | 1,01 | 0,82 |
| Descarga Sólida em Suspensão (t.d ⁻¹) | 0,242 | 0,006 | 0,116 | 0,005 | 0,015 | 0,119 | 0,022 | 0,176 | 0,247 | 0,116 |
| Descarga Sólida de Leito (t.d ⁻¹) | 9,044 | 2,568 | 0,005 | 134,550 | 0,571 | 120,000 | 0,058 | 0,544 | 119,700 | 414,400 |
| Descarga Sólida Total (t.d ⁻¹) | 9,286 | 2,574 | 0,121 | 134,555 | 0,586 | 120,119 | 0,080 | 0,720 | 119,947 | 414,516 |
| Produção de Sedimentos (t.km ⁻² .ano ⁻¹) | 44,738 | 12,401 | 0,888 | 987,843 | 2,837 | 581,57 | 0,115 | 1,034 | 267,678 | 925,05 |
| Classificação | Média | Baixa | Baixa | Alta | Baixa | Alta | Baixa | Baixa | Alta | Alta |

*2015; **2016.

A elevada descarga sólida de leito, no ponto 2 e 3 nos períodos chuvosos e no ponto 5 em ambos os períodos hidrológicos, possivelmente ocorreram devido ao mecanismo de sedimentação por conta do alto teor de carbonato de cálcio na água da região, que favorece sua translucidez, baixa turbidez (LELIS et al., 2015), e não pela utilização do método simplificado de Colby, que poderia resultar na superestimação desses resultados.

A concentração de sedimentos no período chuvoso foi inferior ao período seco nos pontos 1, 2 e 5, como indicado na Tabela 2. O aporte de sedimentos no corpo hídrico pode ter sido evitado pelas práticas preservacionistas e protecionistas que são aplicadas na bacia, como: curva de nível e área de preservação permanente, além da diluição dos sedimentos com um maior volume de água. Por outro lado, a maior concentração de sedimentos na época de seca pode ter ocorrido devido a ocorrência de erosão nas margens do rio, em função do nível baixo nesta época, aumentando a concentração de sedimentos com uma menor vazão para diluição. Esse resultado ficou de acordo com o estudo hidrossedimentológico de Chella et al. (2005), realizado na bacia do Barigüi em Curitiba, onde também foi verificado maior concentração de sedimentos no período de seca.



Observa-se que no ponto 1, no período de seca, a produção de sedimentos foi classificada como média, já no período chuvoso, como baixa. Isto indica que no período de seca pode ter ocorrido algum acréscimo de sedimento erodido do leito e/ou de barrancos, pois no período de chuva o resultado demonstrou menor aporte de sedimento.

Nos pontos 2 e 3, as produções de sedimento no período de seca foi baixo, enquanto no período chuvoso foram altas; o que indica que em períodos chuvosos tais sub-bacias são maiores produtoras de escoamento superficial, conseqüentemente, de aporte de sedimentos.

No ponto 4, em ambos períodos, os valores podem ser classificados como baixos, o que representa que a área de contribuição ao ponto 4 possui melhores práticas preservacionistas e conservacionistas que dificultam o escoamento superficial e o aporte de sedimento no corpo hídrico.

Já no ponto 5, que se localiza na foz da bacia hidrográfica, em ambos os períodos, os valores da descarga sólida de sedimento foram altos, indicando, de forma abrangente, que a há alta capacidade de produção de sedimentos, sugerindo que as ações de proteção do solo e de contenção de escoamento superficial são ineficientes.

Em todos os pontos e períodos hidrológicos a descarga de fundo representou majoritariamente as descargas sólidas totais, o que evidencia o maior transporte de sedimentos de leito devido a sua granulometria ser arenosa, apresentando maiores diâmetros e densidades.

4 - CONCLUSÕES

A partir dos resultados das descargas sólidas, obtidos pelo Método Simplificado de Colby, foi possível concluir que a Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, apresenta grande variação na capacidade de transporte de sedimentos, apresentando maior capacidade no período chuvoso.

A alta concentração de carbonato de cálcio presente na água da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, que provoca a calcificação e sedimentação das partículas, pode ter ocasionado as altas descargas sólidas de leito nos pontos 2, 3 e 5, nos períodos chuvosos.

Analisando o material de leito coletado, foi possível verificar que a bacia tem predominância em solo arenoso, proporcionando a sedimentação rápida, aumentando o risco de assoreamento dos corpos hídricos e justificando a quantidade superior de sedimentos transportados pelo fundo em relação aos transportados em suspensão.

É possível concluir, ainda, que a Bacia Hidrográfica do Rio Formoso possui ineficientes ações conservacionistas e preservacionistas de processos erosivos, pois a produção de sedimento calculada para a sua foz foi classificada como alta tanto no período chuvoso quanto no período seco. Embora em alguns pontos, essas práticas são adequadas, evitando uma maior concentração de sedimentos nos períodos chuvosos.



Conclui-se que há variabilidade de produção de sedimento nos diferentes períodos hidrológicos, visto que na foz, durante o período chuvoso foi produzido cerca de $930 \text{ t.km}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, enquanto no período seco foi produzida cerca de $270 \text{ t.km}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, ou seja, o período chuvoso possui em média a capacidade de produzir 3,46 vezes mais sedimentos que no período seco.

Para melhor entendimento do comportamento hidrossedimentológico da bacia Hidrográfica do Rio Formoso em Bonito/MS, faz-se necessário o contínuo monitoramento dos pontos selecionados no presente trabalho, buscando avaliar o comportamento dos sedimentos em função das chuvas e também do uso e ocupação do solo.

5 - REFERÊNCIAS

- ANACHE, J. A. A.; SOBRINHO, T. A.; SONE, J. S.; ALMEIDA, I. K.; SOUZA, J. S.; CARVALHO, G. A.; GODOY, M. T. R.; POMPEU, R. M.; COUTO, C. B. (2013). *Avaliação de métodos para a estimativa da descarga sólida total em rios*. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. Anais. Bento Gonçalves: ABRH.
- CARVALHO, N.O. *Assoreamento de reservatórios - consequências e mitigação dos efeitos*. In: Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2000, Santa Maria. 1 CD.
- CARVALHO, N. O. *Hidrossedimentologia prática*. 2ª edição; revisada; atual e ampliada, Rio de Janeiro – RJ: Interciência, 2008, 599 p.
- EDWARDS, T.K.; GLYSSON, G.D. *Field methods for measurement of fluvial sediment*. In: Techniques of Water-Resources Investigations of the U.S. Geological Survey (USGS). Reston, Virginia. 1999.
- ELLIOT, W. J.; WARD, A. D. *Environmental Hydrology Boca Raton: Lewis Publishers*, 1995. p. 462.
- GORDON, N.D.; FINLAYSON, B.L.; McMAHON, T.A.; GIPPEL, C.J. *Stream hydrology: an introduction for ecologists*. 2. Ed. John Wiley and Sons, 2004, 429p.
- JUNIOR, H.T. *Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, MS*. 2011. Dissertação (Mestrado na área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos). Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2011.
- MATO GROSSO DO SUL. *Caderno Geoambiental Das Regiões De Planejamento Do Ms, Região Sudoeste*. Revisado em 2011.
- POWELL, D.M. *Dryland Rivers: Processes and Forms*. (cap.12.) A.J. Parsons; A.D. Abrahams (eds.), *Geomorphology of Desert Environments*, 2nd ed., p. 333-373, 2009.
- SILVA, P. V. A. *Água e o Turismo na Bacia do Rio Formoso*. 2015. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.
- TOMÁS, P. P.; COUTINHO, M. A. (1993) - *Estudo do parâmetro de erosividade da Equação Universal de Degradação de Solos*. Publicação nº 2/93, CEHIDRO - Instituto Superior Técnico, Lisboa, 17 p.
- WALLING, D.E. *Linking the Field to the River: Sediment Delivery From Agricultural Land*. In: *Soil Erosion on Agricultural Land*. Ed: BOARDMAN, J.; FOSTER, I.D.L.; DEARING, J.A. Wiley, Chichester, 1990. p.129-152.
- WARD, A.D.; TRIMBLE S.W. *Environmental hydrology*, New York: Lewis Publishers. 2004.