

## Estimativa da produção de sedimentos em bacias hidrográficas rurais, com base na frequência de amostragem<sup>(1)</sup>

**Lilian Alessandra Rodrigues<sup>(2)</sup>; Jean Paolo Gomes Minella<sup>(3)</sup>; José Miguel Reichert<sup>(3)</sup>; Gustavo Henrique Merten<sup>(4)</sup>.**

<sup>(1)</sup>Trabalho executado com recursos do Laboratório de Física do Solo (UFSM), da CAPES, da FAPERGS e do CNPq.

<sup>(2)</sup>Estudante do curso de Engenharia Florestal; Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Santa Maria, RS; E-mail lilialessandra@gmail.com; <sup>(3)</sup>Professor do Departamento de Solos; UFSM; <sup>(4)</sup>Professor do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

**RESUMO:** A dinâmica da produção de sedimentos reflete diretamente os processos erosivos que ocorrem nas bacias hidrográficas com agricultura intensiva. Com a finalidade de compreender o efeito da escala temporal da escolha dos intervalos de amostragem na estimativa da produção de sedimentos. Para tanto, avaliou-se as diferenças de estimativa da produção de sedimentos em duas grandes bacias afetadas pela erosão e com alta produção de sedimentos. O estudo foi realizado nas Bacias dos rios Guaporé e Conceição para um período de dois anos. Foram usados intervalos de amostragem de 10, 20, 30, 60, 120, 720, 1440, 2160 minutos. Conclui-se que, à medida que aumenta o intervalo de tempo entre amostragens, a produção de sedimentos decai substancialmente, sendo que para as bacias em questão o melhor intervalo de amostragem é na ordem de 2 horas para a bacia do Rio Guaporé e 20 minutos para a Bacia do Rio Conceição.

**Termos de indexação:** erosão, produção de sedimentos, bacia hidrográfica.

### INTRODUÇÃO

O impacto da agricultura sobre os recursos hídricos vem sendo apontado como uma das principais causas para os problemas associados ao assoreamento de reservatórios, erosão do solo, formação de enchentes, disponibilidade hídrica em períodos de estiagem, avaliação de impactos ambientais, tratamento de água, problemas de nutrientes e poluentes associados aos sedimentos (Walling, 1977; Horowitz, 2003). Nesse sentido, os resultados do monitoramento dos processos erosivos por meio da produção de sedimentos refletem, diretamente, a dinâmica que ocorre entre a bacia, vertentes e rios (Minella, 2007).

Um crescente interesse tem sido observado em termos de conhecimento a respeito do transporte de sedimentos em suspensão em canais fluviais e, por consequência, o entendimento da dinâmica da produção de sedimentos. Para tanto, faz-se necessário entender os impactos dos efeitos escala

nas técnicas utilizadas para o aprimoramento destas. As razões para esse interesse incluem a necessidade de quantificações mais precisas do transporte de sedimentos das encostas para os rios (Walling, 1977).

Uma lacuna no conhecimento se refere à escolha do melhor intervalo de amostragem para uma adequada capacidade de descrever a dinâmica temporal do transporte de sedimentos a ser obtido no monitoramento hidrossedimentológico e na estimativa da produção de sedimentos. Horowitz (2003) utilizou a curva-chave para a estimativa da concentração de sedimentos em suspensão e da produção de sedimentos e observou que a estimativa realizada para 5 anos subestimou os valores observados e o tamanho e variação associada aos erros aumentou com a redução na frequência de amostragem. O autor indicou que boas estimativas de fluxo para 5 anos são realizadas com apenas 6 amostras por ano, enquanto que boas estimativas anuais necessitam de 12 amostras por ano.

Segundo Minella (2003), a qualidade dos resultados será melhor quanto maior a frequência de amostragem, entretanto intervalos muito pequenos aumentam o custo dos projetos. Walling (1990) salienta que a frequência de amostragem afeta sensivelmente a estimativa de fluxo de sedimentos em suspensão. Uma estimativa baseada em amostragem trimestral não corresponde à estimativa de amostragem semanal, diária ou horária, podendo haver uma subestimativa da produção de sedimentos quanto maior for o intervalo entre as medidas (Merten et al., 2006).

Complementando essas informações, Gao & Josefson (2012) reforçam que o maior número de amostragens de sedimento pode, não necessariamente, levar a melhor estimativa de carga.

Como o maior efeito dos processos erosivos ocorre durante eventos de chuva, um intervalo menor de amostragem pode ser fundamental para uma melhor estimativa da produção de sedimentos.

Com a finalidade de compreender o efeito da escala temporal na estimativa da produção de sedimentos, objetivou-se (i) avaliar as diferenças na

estimativa da produção de sedimentos em duas grandes bacias afetadas pela erosão e com alta produção de sedimentos, de acordo com diferentes intervalos de amostragem, bem como (ii), avaliar o efeito dos intervalos sub-horários e horários para a determinação do melhor intervalo que capte a dinâmica dos eventos, sem a necessidade de obter um número desnecessário de dados.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nas bacias hidrográficas do Rio Guaporé e Conceição, ambas no Rio Grande do Sul. A bacia hidrográfica do Rio Guaporé, situada em Guaporé no nordeste do estado, possui área de drenagem de 2000 km<sup>2</sup> e o relevo varia de ondulado a fortemente ondulado, com grande diversidade de classes de solo. A estação de monitoramento fica situada nas coordenadas 28° 54' 41"S e 51° 57' 10"O. A bacia hidrográfica do Rio Conceição está situada no noroeste do estado, possui área de drenagem de 800 km<sup>2</sup>, o relevo é caracterizado por declividade suave no topo e meia encosta e maior declividade próxima aos canais de drenagem. A seção de monitoramento está situada nas coordenadas 28° 27' 22" S e 53° 58' 24" O.

O monitoramento hidrossedimentométrico foi realizado nos anos de 2011 e 2012. Para a Bacia do Rio Guaporé, em 2011, o monitoramento teve início em abril e término na metade do mês de dezembro, sendo que de 19 de junho a 23 de julho teve um período de falhas, o qual não foi monitorado. Para a Bacia do Rio Conceição, o monitoramento foi realizado de março até metade de novembro de 2011. Em 2012, as duas bacias tiveram monitoramento contínuo durante todo o ano.

Ambas as seções de monitoramento são compostas por sensores de turbidez (turbidímetro), de nível (linígrafo), de precipitação (pluviógrafo) e um sistema armazenador de dados, com registro de dados em intervalos fixos de 10 minutos. A estimativa da concentração de sedimentos em suspensão foi realizada pela calibração do sensor de turbidez utilizando dados concomitantes de concentração e turbidez durante eventos de cheia.

Os dados de vazão e concentração de sedimentos em suspensão, obtidos a partir das medições de nível e turbidez na seção de monitoramento, foram utilizados para determinar a produção de sedimentos durante o período monitorado.

Para avaliar a melhor frequência temporal de amostragens, foram utilizados dados de vazão e concentração de sedimentos em suspensão registrados com intervalos de tempo de 10, 20, 30, 60, 120, 720, 1440, 2160 minutos, de forma

aleatória. Para os mesmos intervalos de tempo determinou-se a produção de sedimentos em t km<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup> para as duas grandes bacias rurais nos dois anos em estudo.

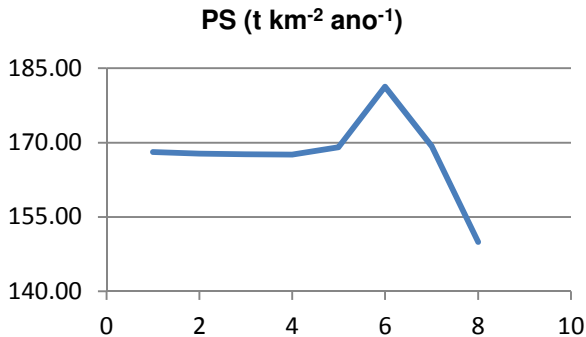
### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período monitorado, a Bacia do Rio Guaporé teve uma produção total de sedimentos de 168 t km<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo um pouco maior que a Bacia do Rio Conceição, com 125 t km<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup> (**Tabela 1**). Essa diferença ocorre devido à diferenças nos processos erosivos atuantes.

**Tabela 1** – Produção de sedimentos (PS) de acordo com a frequência de amostragem para as Bacias Hidrográficas de Guaporé e Ijuí.

Tempo (min)	PS (t km <sup>-2</sup> ano <sup>-1</sup> )	
	Guaporé	Ijuí
10	168,13	125,07
20	167,82	124,50
30	167,67	119,49
60	167,58	119,34
120	169,09	119,56
720	181,27	115,96
1440	169,29	114,18
2160	149,98	107,87

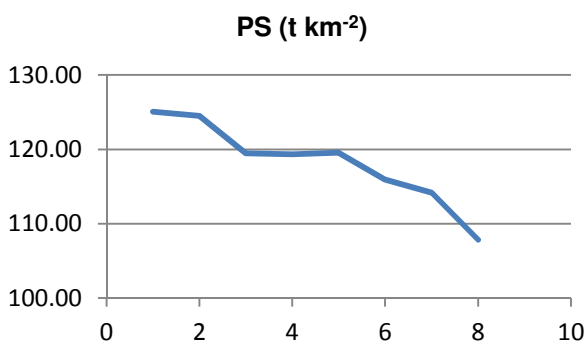
A produção de sedimentos na Bacia do Rio Guaporé é constante para as amostragens realizadas nos intervalos de tempo de 10 a 120 minutos, mantendo-se com aproximadamente 265 t km<sup>-2</sup> (**Figuras 1**). Com amostragens em intervalos de 720 minutos, a produção de sedimentos tem sutil aumento. Observa-se que o ponto de inflexão na estimativa da produção de sedimentos ocorre quando as amostragens são realizadas a cada 720 minutos e, por consequência, estes valores passam a decrescer de maneira mais acentuada em função do aumento do intervalo de tempo em que é realizada a amostragem, chegando a 150 t km<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>, com amostragens a cada 2160 minutos.



**Figura 1** - Produção de sedimentos de acordo com a frequência de amostragem.

Na Bacia do Rio Conceição os valores de produção de sedimentos também reduziram com o aumento da frequência de amostragem, para os intervalos de amostragens de 10 e 20 minutos, com  $168 \text{ t km}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ . A partir do intervalo de 30 minutos, houve um decréscimo, mantendo-se constante até os 120 minutos, com valores de  $189 \text{ t km}^{-2}$ , e a partir deste ponto, decresce significativamente, chegando a atingir  $150 \text{ t km}^{-2} \text{ ano}^{-1}$  quando o intervalo de amostragens é de 2160 minutos (**Figura 2**).

Numa análise da escala temporal na ordem diária e mensal, Merten et al. (2007) também observaram que maiores frequências de amostragem resultam em melhor estimativa para a produção de sedimentos em relação ao valor observado e, quanto menor a frequência de medições, ocorre subestimativa da produção de sedimentos. O autor realizou um estudo em bacias de tamanho semelhante às avaliadas no presente estudo nos EUA e Brasil, com amostragens mensais e diárias e verificou que para uma estimativa de fluxo total em toneladas, as diferenças foram de -48% e -9%, respectivamente.



**Figura 2** - Produção de sedimentos de acordo com a frequência de amostragem.

Tanto para a bacia do Rio Guaporé, como para a do Rio Conceição, à medida em que aumentaram-se os intervalos de tempo de amostragens, os valores de produção de sedimentos decresceram a partir de 120 minutos para a Bacia do Rio Guaporé e a partir dos 30 minutos para a Bacia do Rio Conceição (**Tabela 1 e Figuras 1 e 2**).

## CONCLUSÕES

Nas bacias hidrográficas do Rio Guaporé e Conceição, observou-se que o intervalo de amostragem na escala sub-horária e horária também afeta a estimativa da produção de sedimentos. Os melhores intervalos de amostragem, que otimizam a estimativa e reduzem o número de dados é de 120 e 20 minutos, para as bacias do Rio Guaporé e Conceição, respectivamente.

A partir desses resultados, conclui-se que mesmo para bacias de grande extensão ( $2000$  e  $800 \text{ km}^2$ ) os melhores intervalos para captar a variabilidade temporal do transporte de sedimentos ocorre em bacias com elevada produção de sedimentos e alto coeficiente de escoamento superficial.

Isso demonstra a necessidade de técnicas complementares de monitoramento da concentração de sedimentos por meio de equipamentos automáticos como o turbidímetro. Os quais auxiliam as técnicas tradicionais para captar uma variabilidade temporal que é impossível de ser obtida com as técnicas tradicionais.

## REFERÊNCIAS

GAO, P. & JOSEFSON, M. Temporal variations of suspended sediment transport in Oneida Creek watershed, central New York. *Journal of Hydrology*; 426-427, 2012.

MERTEN, G. H.; HOROWITZ, A. J.; CLARKE, R. T.; MINELLA, J. P. G.; PICKBRENNER, K.; PINTO, M. C. F. (2006). Considerações sobre a utilização de curva-chave para determinação de fluxo de sedimentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS.7., 2006, Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Tema 3. 1 CD-ROM.

MERTEN, G. H.; HOROWITZ, A. J.; MINELLA, J. P. G.; CLARKE, R. T.; RIBEIRO, G. S. Estimativa do fluxo de sedimentos em suspensão utilizando a curva-chave aplicada a vazões mensais e diárias. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, São Paulo, 2007. Anais.



XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO  
28 de julho a 2 de agosto de 2013 | Costão do Santinho Resort | Florianópolis | SC

HOROWITZ, A. J. An evaluation of sediment rating curves for estimating suspended sediment concentrations for subsequent flux calculations".Hydrological Processes 17, 3387-3409, 2003.In Wiley InterScience.

WALLING, D.E. Linking the field to the river: sediment delivery from agricultural land. In: BOARDMAN, J.; FOSTER, I.D.L.; DEARING, J. A. (Ed.) Soil erosion on agricultural land. Chichester: John Wiley.129-152, 1990.

WALLING, D. E. *Assessing the accuracy of suspended sediment rating curves for small basin*.WATER RESOURCES RESEARCH 12, 1869-1894, 1977.