

## MODELAGEM HIDROSSEDIMENTOLÓGICA COM PROPAGAÇÃO INERCIAL DE VAZÕES

*Lizandra Broseghini Föeger<sup>1</sup>; Diogo Costa Buarque<sup>1</sup>; Paulo Rógenes Monteiro Pontes<sup>2</sup>; Hugo de Oliveira Fagundes<sup>3</sup>; Fernando Mainardi Fan<sup>3</sup>*

**Palavras-Chave** – Modelagem hidrossedimentológica, Grandes bacias, Rio Madeira.

### INTRODUÇÃO

Em escala global, as bacias tropicais são as principais fontes de sólidos dissolvidos para os oceanos (MILLIMAN e FARNSWORTH, 2011). Quatro dos dez maiores rios do mundo estão localizados na bacia Amazônica, entre eles o rio Madeira. No entanto, poucos são os estudos envolvendo a modelagem distribuída no tempo e no espaço de sedimentos na bacia. Buarque (2015) acoplou um módulo de geração, transporte e redistribuição de sedimentos na versão do modelo MGB com propagação hidrodinâmica de vazões desenvolvido por Paiva (2009) e o aplicou na bacia do rio Madeira. O modelo, denominado MGB-SED, também já foi aplicado na bacia dos rios Amazonas (FÖEGER et al., 2018) e Doce (FAGUNDES et al., 2019). No entanto, a versão com propagação hidrodinâmica possui limitações relacionadas à necessidade de dados de entrada e dificuldades com o pré-processamento das informações, além de apresentar dificuldades no seu uso de forma prática. O presente trabalho apresenta resultados de um estudo que busca auxiliar na compreensão da dinâmica da geração e do transporte de sedimentos em grandes bacias por meio da aplicação do módulo hidrossedimentológico do modelo MGB-SED (BUARQUE, 2015) acoplado ao modelo MGB com propagação inercial das vazões (PONTES et al., 2015).

### METODOLOGIA

A área aplicação deste estudo é a bacia do rio Madeira, que possui superfície de  $1,4 \cdot 10^6$  km<sup>2</sup> e responde por quase 35% (~240.000 t/ano) de toda a carga de sedimentos transportada pelo rio Amazonas (GUYOT, 1993).

A simulação da geração e do transporte de sedimentos foi realizada utilizando o modelo MGB-SED (BUARQUE, 2015) com passo de tempo diário. Inicialmente o MGB-SED foi desenvolvido como um acoplamento de um módulo de sedimentos ao modelo MGB com propagação hidrodinâmica (HD) de vazões (PAIVA et al., 2011) e aplicado à bacia do rio Madeira, sendo posteriormente modificado por (FAGUNDES et al., 2019) com aplicação na bacia do rio Doce. No presente trabalho, o módulo de sedimentos foi acoplado à versão mais atual do modelo MGB, que utiliza o modelo inercial (IN) de propagação de vazões (PONTES et al., 2015) e está disponível em <https://www.ufrgs.br/hge/>. Os resultados desta versão foram comparados diretamente com a modelagem HD realizada por Buarque (2015), utilizando a primeira versão do MGB.

O acoplamento e a simulação consideraram os mesmos critérios de discretização, base de dados e informações de entrada e calibração adotados por Buarque (2015), permitindo a simulação da geração de sedimentos na bacia, o transporte de sedimentos em suspensão e de fundo nos rios e a troca de sedimentos entre rios e planícies. O período simulado foi de 1998 a 2005 e a calibração do módulo hidrológico pode ser observada em Buarque (2015). As métricas utilizadas para avaliar os resultados foram: o coeficiente de eficiência de Nash e Sutcliffe para as vazões (NS), o coeficiente de Nash e Sutcliffe dos logaritmos das vazões (NSlog) e o erro de volume total (EV)

1) Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória – ES, (27) 33352853; lizandra.bf@gmail.com, diogo.buarque@gmail.com

2) Instituto Tecnológico Vale, R. Boaventura da Silva, 955, Belém – PA; p.rogenes@gmail.com

3) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre – RS, (51) 33086670; h.o.fagundes@hotmail.com, fernando.fan@ufrgs.br

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo com propagação inercial estimou um aporte de sólidos em suspensão dos Andes ao rio Madeira de  $294.10^6$  t/ano, dos quais aproximadamente 73% foi proveniente da bacia do rio Beni, e 27% da bacia do rio Mamoré. Da carga proveniente da bacia do rio Mamoré ( $\sim 78.10^6$  t/ano), 6,6% vieram do rio Guaporé e menos de 1% dos outros afluentes (Figura 1). Já do aporte de sedimentos da bacia do rio Beni ( $\sim 216.10^6$  t/ano), 49% vieram da bacia do rio Madre de Dios. Estes resultados são bastante semelhantes aos obtidos por Buarque (2015).

Na Figura 2 são apresentados os sedimentogramas com a descarga sólida em suspensão [t/dia] observada (tracejado verde), calculada pelo modelo HD (vermelho) e IN (azul) em duas estações de interesse (ver Figura 1) com dados no período simulado. As estatísticas de avaliação estão indicadas na Figura.

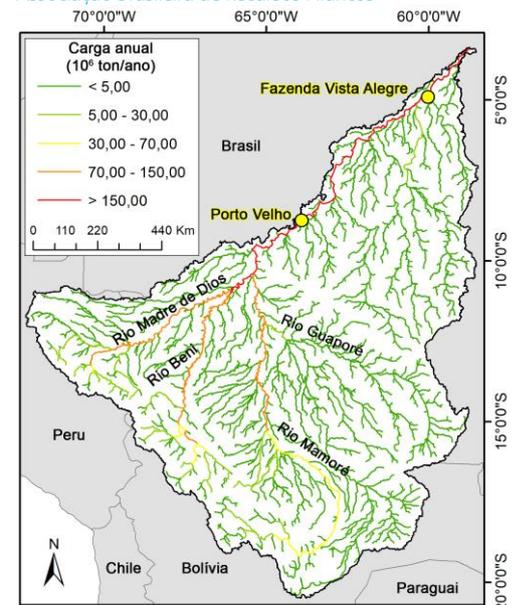


Figura 1: Distribuição espacial da descarga anual de sedimentos em suspensão na bacia do rio Madeira.

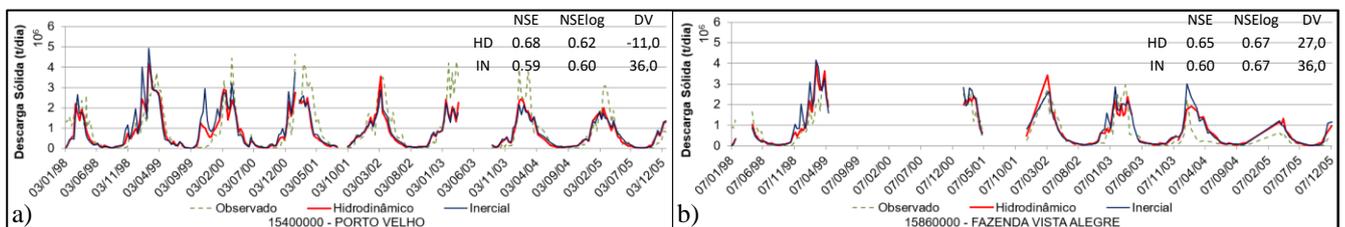


Figura 2 – Descarga sólida diária nas estações (a) Porto Velho e (b) Fazenda Vista Alegre.

## CONCLUSÕES

O módulo de sedimentos com propagação inercial de vazões apresentou bons resultados, semelhantes à versão com propagação HD, incluindo a representação do efeito das planícies e a variabilidade sazonal do transporte de sedimentos em suspensão. O acoplamento tem como vantagem a facilidade de aplicação em outras bacias quando comparado ao modelo hidrodinâmico. Ressalta-se que realizar a discretização da bacia conforme Pontes et al. (2015), em oposição à discretização de Buarque (2015), pode melhorar os resultados obtidos pelo modelo neste estudo.

## REFERÊNCIAS

- BUARQUE, D. C. (2015). “Simulação da geração e do transporte de sedimentos em grandes bacias: Estudo de caso do rio Madeira”. Tese. Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UFRGS.
- FAGUNDES, H. O., FAN, F. M., PAIVA, R. C. D. de (2019). “Automatic calibration of a large-scale sediment model using suspended sediment concentration, water quality, and remote sensing data”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 24.
- FÖEGER, L. B.; FAGUNDES, H. O.; BUARQUE, D. C. (2018). Geração e Transporte de Sedimentos na Bacia Amazônica: Análise preliminar com o modelo MGB-SED. XIII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos.
- GUYOT, J. L. (1993). *Hydrogéochimie des fleuves de L'Amazonie Bolivienne*. Paris: ORSTOM, 262 p.
- MILLIMAN J. D.; FARNSWORTH K. L. (2011). *River Discharge to the Coastal Ocean: A Global Synthesis*. Cambridge University Press, Cambridge, 393 p.
- PAIVA, R. C. D. (2009). “Modelagem hidrológica e hidrodinâmica de grandes bacias. Estudo de caso: Bacia do rio Solimões”. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UFRGS.
- PONTES, R. M.; COLLISCHONN, W.; FAN, F. M.; PAIVA, R. C. D.; BUARQUE, D. C. (2015). “Modelagem hidrológica e hidráulica de grande escala com propagação inercial de vazões”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 20(4), pp. 888-904.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a bolsa de estudo CAPES fornecida ao primeiro autor.