

## SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA COM PROPAGAÇÃO INERCIAL DE VAZÃO: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO RIO MADEIRA

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 hidrológica; Grandes Bacias; Rio Madeira.

### INTRODUÇÃO

A utilização de formas simplificadas das equações de Saint Venant para representar a propagação de vazões nos rios é comumente utilizada por modelos de grandes escalas, no entanto, para certos tipos de situações as abordagens simplificadas adotadas não são adequadas (PAIVA *et al.*, 2011). Uma alternativa de complexidade intermediária é a utilização do modelo inercial de propagação de vazões (PONTES *et al.*, 2015), que apresentou resultados muito semelhantes à resolução completa das equações de Saint Venant (Fan *et al.*, 2014). O presente trabalho tem como objetivo avaliar os resultados do modelo MGB com propagação inercial de vazões (PONTES *et al.*, 2015) em comparação com a sua versão com propagação hidrodinâmica (PAIVA *et al.*, 2011).

### METODOLOGIA

A área de estudo do presente trabalho é a bacia do rio Madeira. O rio Madeira é considerado o mais importante tributário sul da bacia Amazônica, contribuindo com 15% da descarga líquida total da Amazônia para o oceano (GUYOT *et al.*, 1999). Neste estudo foi utilizado o modelo MGB (COLLISCHONN *et al.*, 2007), que é do tipo distribuído e baseado em processos, formulado para aplicações em grandes bacias hidrográficas. No modelo a bacia é discretizada em minibacias, as quais são ainda divididas em classes de Unidades de Resposta Hidrológica (URH). O escoamento gerado nas minibacias podem ser propagados na rede de drenagem utilizando: o método simplificado de Muskingum-Cunge (MC); modelo hidrodinâmico (HD) (PAIVA *et al.* 2011), propagação inercial de vazões (IN) (PONTES *et al.*, 2015). A modelagem foi realizada com passo de tempo diário e propagação inercial das vazões, tendo sido comparada diretamente com a modelagem hidrológica realizada por Buarque (2015) utilizando a versão do MGB com propagação hidrodinâmica de vazões. A discretização e o ajuste dos parâmetros calibráveis do modelo foram realizados conforme Buarque (2015), para o período de 1998 a 2005. A calibração dos parâmetros foi realizada de forma manual e automática (COLLISCHONN *et al.*, 2007, PAIVA *et al.* 2011), comparando as vazões simuladas e as observadas em estações fluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA) existentes na porção brasileira da bacia. As métricas utilizadas para avaliar o desempenho do modelo inercial 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 (DV).

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores das estatísticas NS e NSlog foram praticamente os mesmos e superiores a 0,5 para os dois métodos de propagação. Já os erros de volume foram menores 10% com a propagação inercial em 80% das estações. As estatísticas NS, NSlog e DV no período de calibração estão apresentadas na Tabela 1 para as estações ao longo do rio Madeira. A Figura 1 apresenta os hidrogramas observado e simulados da estação 15860000 (Fazenda Vista Alegre), que é a estação mais à jusante da bacia do rio Madeira, alguns quilômetros antes da confluência com o rio Amazonas. Verifica-se que as soluções dos modelos inercial e hidrodinâmico não apresentaram diferenças muito discrepantes entre si. O modelo inercial conseguiu representar a dinâmica da bacia considerando as planícies de

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

inundações, embora pequenas diferenças entre os hidrogramas pareçam aumentar com o aumento da área de contribuição. No entanto, diferentemente do modelo hidrodinâmico, a abordagem inercial possui um esquema numérico explícito e, por este motivo, tem uma maior dependência com a forma de discretizar a bacia. Neste sentido, trechos de rios muito longos podem induzir erros no modelo inercial e, neste estudo, a discretização considerada foi estabelecida para uso do modelo HD.

Tabela 1: Estatísticas de desempenhos das simulações com os modelos inercial e hidrodinâmico nas estações de vazão ao longo do rio Madeira. Na tabela, L (km) indica a distância da estação à foz do rio.

Estação	L (km)	Cod.	Lat	Lon	Inercial			Hidrodinâmico		
					NS	NSlog	DV	NS	NSlog	DV
Abunã	0	15320005	-9.7060	-65.3647	0.87	0.86	-2.0	0.88	0.89	-2.1
Porto Velho	285	15400000	-64.0232	-8.8424	0.86	0.84	-1.0	0.89	0.89	0.2
Humaitá	525	15630000	-63.0029	-7.4532	0.87	0.85	-4.0	0.92	0.91	-3.9
Manicoré	870	15700000	-61.2306	-5.7099	0.83	0.80	-7.0	0.92	0.92	-7.2

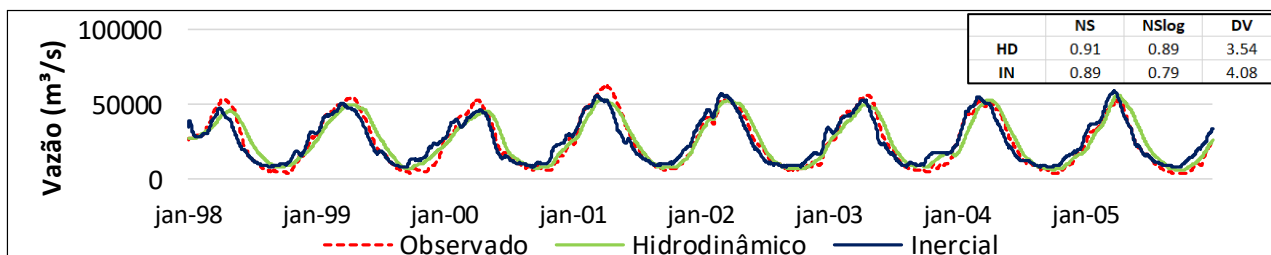


Figura 1 – Hidrogramas observado e simulados com os métodos HD e IN na estação Fazenda Vista Alegre (15860000).

## CONCLUSÕES

A propagação inercial de vazões na bacia do rio Madeira apresentou-se semelhante à propagação hidrodinâmica, embora as diferenças entre os hidrogramas tenham aumentado com o aumento da área de drenagem. Desta forma, ressalta-se a dependência do modelo inercial com a discretização da bacia, de forma que melhores resultados podem ser obtidos com uma melhor definição da rede de drenagem, com trechos mais curtos. É importante ressaltar que a versão hidrodinâmica do modelo MGB está disponível de maneira imediata apenas para a bacia amazônica, diferentemente do modelo inercial que pode ser facilmente aplicável em qualquer bacia.

## 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.
- COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D.; SILVA, B. C. da; TUCCI, C. E. M. (2007). “The MGB-IPH model for large-scale rainfall–runoff modelling”. *Hydrological Sciences Journal*, v. 52, n. 5, p. 878–895.
- FAN, F. M.; PONTES, P. R. M.; PAIVA, R. C. D.; COLLISCHONN, W. (2014) “Avaliação de um método de propagação de cheias em rios com aproximação inercial das equações de Saint-Venant”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 19(4), pp. 137-147.
- GUYOT, J. L.; JOUANNEAU, J. M.; WASSON, J. G. (1999). “Characterization of river bed and suspended sediments in the Rio Madeira drainage basin (Bolivian Amazonia)”. *Journal of South American Earth Sciences*, 12, pp. 401-410.
- PAIVA, R. C. D.; BUARQUE, D. C.; COLLISCHONN, W.; BONNET, M-P.; FRAPPART, F.; CALMANT, S.; MENDES, C. A. B. (2011). “Large-scale hydrologic and hydrodynamic modeling of the Amazon River basin”. *Water Resources Research*, 49(1–18).
- 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 à CAPES pela bolsa de estudo fornecida ao primeiro autor.