

APLICABILIDADE DE MODELOS DE HIDROGRAMA UNITÁRIO PARA ESTIMATIVA DE CHEIAS EM UMA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO PELOTAS

ALICE ALONZO STEINMETZ¹; MARCELLE MARTINS VARGAS²; TAMARA LEITZKE CALDEIRA²; LÉO FERNANDES ÁVILA² SAMUEL BESKOW³

¹Universidade Federal de Pelotas – alicesteinmetz@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – marcellevarg@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – tamaraleitzkecaldeira@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – avilalf@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – samuelbeskow@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A tendência crescente de desastres naturais está relacionada, principalmente, ao crescimento populacional e ocupação de áreas de risco, ao desenvolvimento econômico e aos efeitos das mudanças climáticas sobre o ciclo hidrológico. As inundações são as mais comuns de todos os desastres naturais (BRUNDA; SHIVAKUMAR, 2015). No entanto, estudos relacionados a cheias são pouco utilizados, podendo acarretar em perdas de vidas humanas a cada ano. Assim, em uma região propensa a cheias, a rápida e precisa previsão é imperativa. O sucesso da implementação da gestão de cheias e mitigação em uma bacia hidrográfica é fortemente dependente do conhecimento do escoamento em cursos d'água, especialmente através da sua representação em termos das variáveis nível d'água e vazão (HAO et al. 2015).

A gestão dos recursos hídricos vem sendo desafiadora e o monitoramento hidrológico tem sido uma importante ferramenta para a tomada de decisões em bacias hidrográficas. No Brasil, a rede hidrológica básica geralmente contempla bacias hidrográficas de médio a grandes portes, haja vista que nelas ocorrem os principais aproveitamentos hídricos (BESKOW et al. 2016). A carência ou inexistência de dados monitorados de vazão em cursos d'água de interesse vem resultando no desenvolvimento de modelos hidrológicos, principalmente com vistas à estimativa da vazão máxima e da sequência temporal de vazões oriundas de um evento de precipitação (BESKOW et al. 2015).

Entre as técnicas existentes disponíveis para modelagem do escoamento superficial direto (ESD), é importante destacar a Teoria do Hidrograma Unitário (HU) e Hidrograma Unitário Instantâneo (HUI). O objetivo geral deste estudo foi avaliar a capacidade preditiva dos modelos de HU Triangular (HUT), HU Adimensional (HUA), HUI de Nash (HUIN), HUI Geomorfológico de Nash (HUIGN), HUI de Clark (HUIC) e HUI Geomorfológico de Clark (HUIGC), frente à determinação de hidrogramas de cheias em uma bacia hidrográfica localizada no Rio Grande do Sul, sul do Brasil.

2. METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido na bacia hidrográfica do arroio Cadeia (BHAC), sub-bacia do arroio Pelotas, localizada no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1).

Considerando a seção de controle adotada, a BHAC apresenta área de drenagem de 121,23 km². O arroio Cadeia é um dos principais afluentes do arroio Pelotas, cuja área de drenagem é de aproximadamente 940 km². O arroio Pelotas é

um importante afluente do canal São Gonçalo, o qual fornece água para o abastecimento do município de Rio Grande, e ainda, é uma importante via navegável que liga a Laguna dos Patos à Lagoa Mirim.

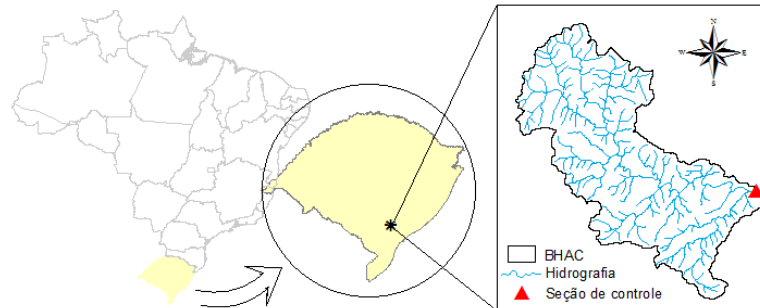


Figura 1 – Localização geográfica da BHAC e a configuração da sua rede de drenagem

As informações de relevo para a BHAC foram extraídas de HASENACK; WEBER (2010), que contemplam todo o estado do Rio Grande do Sul. Estas informações foram usadas como entrada no ambiente do SIG ArcGIS com o objetivo de elaborar o modelo digital de elevação hidrológicamente consistente (MDEHC) e, assim, realizar a caracterização geomorfológica da bacia.

Quatro eventos de chuva e os respectivos hidrogramas foram selecionados, dando preferência aos eventos de chuva causadores de cheias mais pronunciadas. A separação do escoamento foi realizada partir do Método das Inflexões, conforme descrito por MELLO; SILVA, (2013). Após estabelecer a separação do escoamento e determinação da precipitação efetiva (P_e) total, foi possível distribuí-la no tempo (hietograma de P_e), empregando para tanto o método do Número da Curva (CN) (SCS, 1971). Finalmente, para cada evento, foi testada a capacidade preditiva dos modelos HUT, HUA, HUIN, HUIGN, HUIC E HUIGC.

A avaliação do desempenho dos modelos foi feita através da comparação entre o hidrograma de ESD observado com o estimado e a análise da qualidade da estimativa de vazões de pico. Esta análise comparativa se deu por meio de duas medidas estatísticas: coeficiente de Nash e Sutcliffe (C_{NS}) e erro relativo na estimativa da vazão de pico (ER_{Qp}), conforme classificação de MORIASI et al. (2007) e VAN LIEW et al. (2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os hidrogramas estimados pelos modelos avaliados para os diferentes eventos, bem como os hidrogramas observados, enquanto a Tabela 1 sintetiza os resultados sobre o desempenho de cada modelo.

Com a análise de informações do C_{NS} contidos na Tabela 1, verificou-se que os hidrogramas estimados pelos HUIC e HUIN, para todos os eventos monitorados, se enquadraram na categoria de “Muito bom”, de acordo com a classificação proposta por MORIASI et al. (2007). É importante ressaltar que o HUIGN, para 3 dos 4 eventos, e o HUIGC, para 2 dos 4 eventos, também se enquadraram como “Muito bom”. No que diz respeito ao ER_{Qp} , os modelos HUIC e HUIN estimaram as vazões de pico de forma mais precisa quando comparado aos outros modelos, enquanto que o HUA produziu a pior estimativa de vazão de pico, seguido do HUT e HUIGC,

que também apresentaram desempenhos pobres, com hidrogramas estimados classificados como “Inadequado” (VAN LIEW et al., 2007).

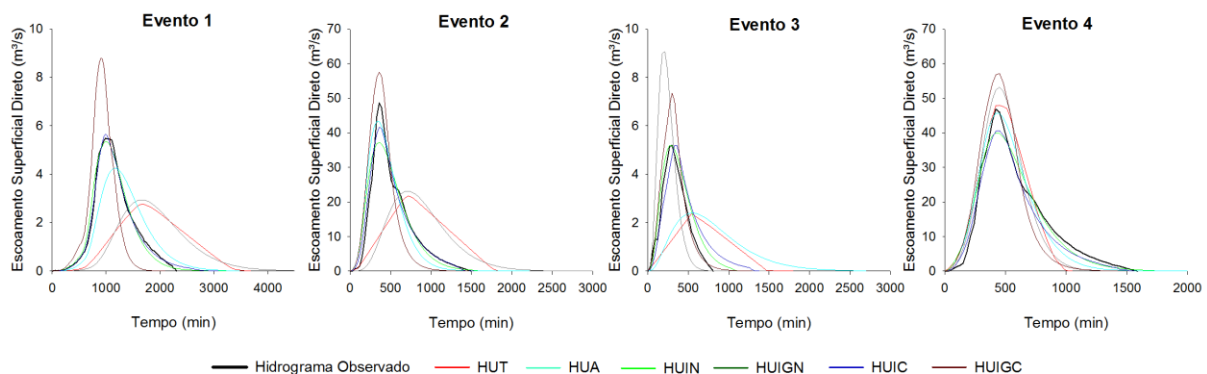


Figura 2 – Hidrogramas de ESD monitorados na BHAC e os respectivos hidrogramas estimados

Tabela 1 - Valores de Nash-Sutcliffe (C_{NS}) e erro relativo na estimativa da vazão de pico (ER_{Qp}) para cada evento de chuva-vazão monitorado na BHAC

Eventos	C_{NS}						ER_{Qp} (%)					
	HUT	HUA	HUIN	HUIGN	HUIC	HUIGC	HUT	HUA	HUIN	HUIGN	HUIC	HUIGC
1	-0.37	-0.47	0.98	0.77	0.99	0.29	49.67	46.45	2.43	22.53	3.06	60.33
2	-0.04	-0.08	0.92	0.89	0.97	0.70	55.39	52.47	23.49	10.97	14.30	18.25
3	-0.67	-1.53	0.90	-0.16	0.96	0.35	72.47	93.42	10.65	48.82	10.67	56.77
4	0.89	0.85	0.97	0.95	0.97	0.75	2.33	13.49	14.77	2.63	13.29	22.00

Os resultados encontrados nesse estudo corroboram com os relatados por GHUMMAN et al. (2014), os quais verificaram que o HUIC teve melhor desempenho que o HUIN e HUIGN para modelagem do hidrograma de ESD em uma bacia no Paquistão. Por outro lado, GHUMMAN et al. (2014) concluiu que o HUIN forneceu a melhor precisão para estimativa de vazão de pico por levar em consideração um grande número de atenuações quando comparado ao HUIC. É de se esperar que o HUIC e HUIN tenham melhor desempenho por serem ajustados em função de dados observados de chuva e vazão.

A utilização dos modelos HUA e HUT é consideravelmente menos complexa, uma vez que é necessário um número menor de parâmetros e de mais fácil aquisição, comparativamente ao HUIGC e HUIGN. Em virtude da facilidade de utilização, o emprego dos modelos HUA e HUT tem sido bastante corriqueiro no dia-a-dia prático da engenharia hidrológica para estimativa de vazões de pico e de hidrogramas de projeto. No entanto, conforme resultados apresentados na Tabela 1, tornou-se evidente que as versões geomorfológicas de Nash (HUIGN) e Clark (HUIGC) tiveram desempenho substancialmente superior aos modelos tradicionalmente empregados para este tipo de modelagem (HUT e HUA).

Os modelos de HUIN, HUIC, HUIG de Nash e Clark foram avaliados por ADIB et al., (2010) para uma bacia no Irã, que apontaram que o HUIGC e HUIGN foram capazes de estimar o hidrograma de ESD adequadamente, corroborando, de forma geral, com os resultados deste estudo. Como estes modelos não requerem dados de chuva-vazão para calibração, eles têm sido amplamente utilizados na hidrologia. Comparando o desempenho do HUIC, HUIN e duas versões geomorfológicas deles para a estimativa do hidrograma em uma bacia hidrográfica

indiana, SAHOO et al. (2006) constataram que os quatro modelos apresentaram bastante precisão. No entanto, segundo SAHOO et al. (2006), o fato de ambos não necessitarem de registros históricos para calibração faz com que as versões geomorfológicas sejam vantajosas sobre o HUIC e HUIN convencionais.

4. CONCLUSÕES

i) O HUIC foi o modelo que estimou os hidrogramas de ESD de forma mais satisfatória, seguido pelo HUIN, sendo que ambos tiveram superioridade em relação aos demais modelos que empregaram somente características geomorfológicas; ii) As versões geomorfológicas de Clark (HUIGC) e de Nash (HUIGN) tiveram desempenho substancialmente superior aos tradicionalmente empregados (HUT e HUA), indicando que são promissores para aplicação visando à estimativa de vazões de pico e hidrogramas de cheias nesta bacia, no entanto, sugere-se que mais eventos sejam analisados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIB, A. et al. Comparison between GIUH-Clark, GIUH-Nash, Clark-IUH and Nash-IUH models. **Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences**, v. 34, p. 91-103, 2010.
- BESKOW, S. et al. Multiparameter probability distributions for heavy rainfall modeling in extreme southern Brazil. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 4, p. 123-133, 2015. Doi: 10.1016/j.ejrh.2015.06.007.
- BESKOW, S. et al. Potential of the LASH model for water resources management in data-scarce basins: a case study of the Fragata River basin, southern Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, v. 61, 2016.
- BRUNDA, G. S.; SHIVAKUMAR N. J. Derivation and Analysis of Dimensionless Hydrograph and S Curve for Cumulative Watershed Area. **Aquatic Procedia**, v. 4, p. 964-971, 2015.
- GHUMMAN, A. R. et al. Comparison of Clark, Nash Geographical Instantaneous Unit Hydrograph Models for Semi Arid Regions. **Water Resources**, v. 41, n. 4, p. 364-371, 2014.
- HASENACK, H.; WEBER, E. **Base cartográfica vetorial continua do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000**. UFRGS - Centro de Ecologia. Porto Alegre. 2010.
- HAO, F. et al. Coupling the Xinanjiang model with geomorphologic instantaneous unit hydrograph for flood forecasting in northeast China. **International Soil and Water Conservation Research**, v.3, p. 66-76, 2015.
- MELLO, C. R. D.; SILVA, A. M. D. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. Lavras: UFLA, 2013.
- MORIASI, D. N. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulation. **Transactions of the ASABE**, v. 50, p. 885-900, 2007.
- SAHOO, B. et al. Flood estimation by GIUH-Based Clark and Nash Models. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 11, n. 6, 2006.
- VAN LIEW, M. W. et al. Suitability of SWAT for the Conservation Effects Assessment Project: Comparison on USDA Agricultural Research Service Watersheds. **Journal of Hydrological Engineering**, v. 12, n. 2, p. 173-189, 2007.