

POTENCIAL DO HEC-HMS PARA ESTIMATIVA DE CHEIAS EM DIFERENTES CENÁRIOS DE DICRETIZAÇÃO ESPACIAL

ALICE STEINMETZ¹; MARCELLE VARGAS²; FABRÍCIO TERRA³; MARIA CÂNDIDA NUNES⁴; SAMUEL BESKOW⁵

¹Discente UFPEL/PPG Recursos Hídricos – alicesteinmetz@gmail.com

²Discente UFPEL/Engenharia Hídrica – marcellevarg@gmail.com

³Docente UFPEL/Centro de Desenvolvimento Tecnológico – terra.fabricio@gmail.com

⁴Docente UFPEL/Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – nunes.candida@gmail.com

⁵Docente UFPEL/Centro de Desenvolvimento Tecnológico – samuelbeskow@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A crescente propensão de desastres naturais está relacionada, principalmente, ao crescimento da população e ocupação de áreas de risco, ao desenvolvimento econômico e às decorrências de mudanças climáticas sobre o ciclo hidrológico. De todos os desastres naturais, as inundações são as mais corriqueiras (BRUNDA; NYAMATHI, 2015) e estão relacionadas com inúmeros problemas oriundos de eventos extremos de precipitação. Apesar disso, estudos relativos a cheias em bacias hidrográficas são limitados, podendo ocasionar perdas de vidas a cada ano. Assim, em uma região tendente a cheias, é imprescindível a imediata e precisa previsão.

O êxito 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 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).

Os modelos chuva-vazão são amplamente utilizados em todo o mundo para aplicações que incluem simulação e previsão de cheias e concepção de estruturas hidráulicas (DARIANE et al., 2016). Nas últimas décadas, os modelos que têm se destacado são aqueles que buscam representar com maior precisão e de forma distribuída os processos hidrológicos (modelos distribuídos) e aqueles que tratam de forma concentrada a distribuição dos parâmetros em uma determinada área (modelos concentrados).

Dessa forma, este estudo tem como objetivo avaliar a influência da discretização espacial, empregando os cenários de modelagem concentrada e modelagem distribuída no Hydrologic Modeling System (HEC-HMS), sobre a aplicabilidade do hidrograma unitário instantâneo de Clark e do hidrograma unitário do Soil Conservation Service (SCS), tendo como estudo de caso uma bacia hidrográfica experimental localizada no sul do Rio Grande do Sul.

2. METODOLOGIA

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do arroio Cadeia (BHAC), localizada no sul do estado do Rio Grande do Sul. A BHAC, considerando a seção de controle analisada, apresenta área de 121,2 km² e é um dos principais afluentes da bacia hidrográfica do arroio Pelotas (910 km²), importante manancial hídrico da região sul do estado.

Dados de chuva de seis estações de monitoramento foram obtidos através do Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas/CNPq, da Universidade Federal de Pelotas. A chuva média sobre a BHAC foi calculada pelo método dos Polígonos de Thiessen para 8 eventos de chuva. Para os dados observados de nível d'água utilizou-se a curva-chave da seção de controle da BHAC, a qual foi ajustada por meio de dados de medições de descarga líquida e os respectivos níveis do curso d'água.

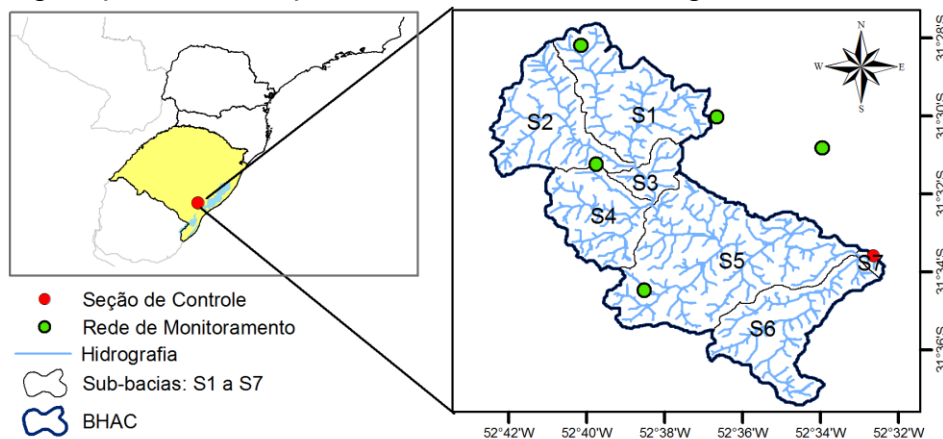


Figura 1. Localização da BHAC, rede de drenagem, divisão em sub-bacias e a rede de monitoramento hidrológico utilizada.

O HEC-HMS é um software gratuito desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center (HEC) do U.S. Army Corps of Engineers (USACE) e foi aplicado para estimar o processo de transformação chuva-vazão na BHAC. Neste estudo, o método de perda Natural Resources Conservation Service (NRCS) Número da curva (CN) (SCS, 1971) e os métodos de transformação, Hidrograma Unitário de Clark – HUCClark (CLARK, 1945) e Hidrograma Unitário do SCS – HUSCS (SCS, 1971), utilizando o método de calibração Nelder Mead, foram aplicados no HEC-HMS abordando dois cenários de discretização espacial. O cenário 1 abrangeu a modelagem concentrada e o cenário 2 a modelagem distribuída discretizando espacialmente a BHAC em sete sub-bacias (Figura 1).

O desempenho dos modelos foi avaliado a partir do coeficiente de Nash-Sutcliffe (C_{NS}) (NASH; SUTCLIFFE, 1970), e da raiz quadrada do erro quadrático médio (RMSE). MORIASI et al. (2007) sugerem a seguinte classificação: $C_{NS} > 0,65$, muito bom; $0,54 < C_{NS} < 0,65$, bom; $0,50 < C_{NS} < 0,54$, satisfatório e $C_{NS} < 0,54$, insatisfatório.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização dos 8 eventos chuva x vazão indicou que a chuva total (P_{TOTAL}) variou entre 10,9 mm a 53 mm, vazão total máxima ($Q_{TOTALmax}$) entre 8,8 $m^3.s^{-1}$ a 79,7 $m^3.s^{-1}$ e intensidade média (i_m) com valores entre 2,4 $mm.h^{-1}$ e 14,8 $mm.h^{-1}$. Na Tabela 1 são apresentadas, resumidamente, as estatísticas referentes à estimativa de hidrogramas pelos modelos de HU e considerando os dois cenários avaliados.

Tabela 1. Média das estatísticas para cada evento analisado

Modelo	Cenário 1		Cenário 2	
	C_{NS}	RMSE	C_{NS}	RMSE
HUCClark	0,97	1,49	0,98	1,20
HUSCS	0,53	7,15	-1,80	17,18

Com base nos resultados da Tabela 1 e considerando a estatística C_{NS} , pode-se constatar que os hidrogramas estimados de forma mais próxima aos

observados, para ambos os cenários, foram obtidos a partir do HUClark, com valores de C_{NS} de 0,97 e 0,98, respectivamente. As dificuldades encontradas neste estudo com respeito à acurácia dos hidrogramas estimados pelo HUSCS corroboram com resultados de outros estudos, como em KHALEGHI et al. (2011) e ZAKIZADEH; MALEKINEZHAD (2015).

O emprego do HUSCS é consideravelmente menos complexo em função do menor número de parâmetros e por serem de fácil obtenção. Por isso, o emprego deste modelo tem sido bastante corriqueiro no dia-a-dia em práticas de engenharia hidrológica para estimativa de vazões de pico e de hidrogramas de projeto onde alguns estudos vêm avaliando a sua aplicabilidade para diferentes regiões (SILVA et al., 2014; LUXON et al., 2013).

É visível que o HUSCS teve desempenho inferior no cenário 2, o que não era esperado. Esse comportamento pode ter sido influenciado pela incerteza envolvida na obtenção dos valores de CN no cenário 2, podendo ser atribuído à calibração dos valores, o que não acontece no cenário 1. A discretização espacial mais detalhada tende a aumentar a complexidade do modelo, no entanto, uma agregação excessivamente grosseira pode levar a perdas substanciais de informação e dar origem a uma maior incerteza estrutural (LIU; GUPTA, 2007, LUDWIG et al., 2009).

A superioridade do modelo HUClark provavelmente está associada à utilização de dados observados de precipitação e vazão no processo de ajuste, corroborando com BHASKAR et al. (1997), ADIB et al. (2010) e AHMAD et al. (2010). A pequena diferença entre os dois cenários também pode estar associada à pequena variação da chuva entre os eventos e, mesmo com valores de C_{NS} levemente maiores para o cenário 2, os parâmetros destoaram da realidade em alguns eventos quando considerada a calibração distribuída. Ainda assim, os resultados obtidos neste estudo atestam que a modelagem distribuída se destaca para a BHAC, quando aplicado o HUClark, sendo interessante realçar a importância, do ponto de vista prático, da aplicação de um modelo distribuído, porém, há a necessidade de cautela na sua utilização.

O modelo distribuído consente a verificação da variabilidade da chuva no espaço e a representação espacial dos parâmetros do modelo chuva-vazão, bem como permite a simulação do impacto das mudanças de uso do solo nos hidrogramas produzidos por eventos de chuvas intensas, entre outros. Um modelo chuva-vazão de forma distribuída pode oferecer melhor abordagem para a simulação de hidrograma de cheias nas bacias hidrográficas caracterizadas pela heterogeneidade da distribuição das chuvas (YU; JENG, 1997).

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o HEC-HMS permitiu, de forma satisfatória, empregar os modelos propostos. O modelo HUClark foi extremamente superior que o HUSCS, sendo a sua superioridade provavelmente associada à utilização de dados observados de precipitação e vazão no processo de ajuste. Estudos que abordam a discretização espacial são de grande valia para a análise do comportamento de bacias hidrográficas, porém, é necessária uma maior investigação sobre algoritmos para a calibração de parâmetros por sub-bacia hidrográfica. Embora o HEC-HMS seja mundialmente empregado, considera-se, neste estudo, que o algoritmo de calibração Nelder Mead pode ter aplicação limitada, especialmente no caso do cenário 2. Pode-se parcialmente atribuir esta dificuldade de convergência ao número de parâmetros de calibração e também pelas limitações intrínsecas ao algoritmo utilizado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIB, A. et al. Comparison between GcIUH-Clark, GIUH-Nash, Clark-IUH, and Nash-IUH models. **Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences**, v. 34, n. 2, p. 91-104, 2010.
- AHMAD, M. et al. Estimation of a unique pair of Nash model parameters: an optimization approach. **Water Resources Management**, v. 24, n. 12, p. 2971-2989, 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.
- BHASKAR, N. et al. Flood estimation for ungauged catchments using the GIUH. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 123, n. 4, p. 228-238, 1997.
- BRUNDA, G. S.; NYAMATHI, S. J. Derivation and analysis of dimensionless hydrograph and S curve for cumulative watershed area. **Aquatic Procedia**, v. 4, p. 964-971, 2015.
- CLARK, C. O. Storage and the unit hydrograph. In: **Proceedings of the American Society of Civil Engineers**. ASCE, 1945. p. 1333-136
- DARIANE, A. et al. Developing an efficient auto-calibration algorithm for HEC-HMS program. **Water Resources Management**, v. 30, n. 6, p. 1923-1937, 2016.
- 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, n. 1, p. 66-76, 2015.
- KHALEGHI, M. R. et al. Efficiency of the geomorphologic instantaneous unit hydrograph method in flood hydrograph simulation. **Catena**, v. 87, n. 2, p. 163-171, 2011.
- LIU, Y.; GUPTA, H. Uncertainty in hydrologic modeling: Toward an integrated data assimilation framework. **Water Resources Research**, v. 43, n. 7, 2007.
- LUDWIG, R. et al. The role of hydrological model complexity and uncertainty in climate change impact assessment. **Advances in Geosciences**, v. 21, p. 63, 2009.
- LUXON, N. et al. Validating the Soil Conservation Service triangular unit hydrograph (SCS-TUH) model in estimating runoff peak discharge of a catchment in Masvingo, Zimbabwe. **International Journal of Water Resources and Environmental Engineering**, v. 5, n. 3, p. 157-162, 2013.
- MORIASI, D. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n. 3, p. 885-900, 2007.
- NASH, J.; SUTCLIFFE, J. River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. **Journal of hydrology**, v. 10, n. 3, p. 282-290, 1970.
- SCS. **National Engineering Handbook**. Washington: Soil Conservation Service/USDA, 1971.
- SILVA, M.; WEERAKOON, S.; HERATH, S. Modeling of event and continuous flow hydrographs with HEC-HMS: Case study in the Kelani River Basin, Sri Lanka. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 19, n. 4, p. 800-806, 2014.
- YU, P-S.; JENG, Y-C. A study on grid based distributed rainfall runoff models. **Water Resources Management**, v.11, n.2, p. 83 - 99, 1997.
- ZAKIZADEH, F.; MALEKINEZHAD, H. Comparison of methods for estimation of flood hydrograph characteristics. **Russian Meteorology and Hydrology**, v. 40, n. 12, p. 828-837, 2015.