



AVALIAÇÃO DE MODELOS GEOMORFOLÓGICOS DE HIDROGRAMA UNITÁRIO VISANDO À ESTIMATIVA DE CHEIAS EM UMA SUB-BACIA DO ARROIO PELOTAS

ARYANE ARAUJO RODRIGUES¹; ALICE ALONZO STEINMETZ²; MARCELLE MARTINS VARGAS²; FABRÍCIO DA SILVA TERRA²; MARIA CÂNDIDA MOITINHO NUNES²; SAMUEL BESKOW³

¹Discente UFPel/Engenharia Hídrica – aryane_03.2@hotmail.com

²Discente UFPel/PPG Recursos Hídricos – alicesteinmetz@gmail.com

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

²Docente UFPel/PPG Recursos Hídricos – fabricao.terra@ufpel.edu.br

²Docente UFPel/PPG Manejo e Conservação do Solo e da Água – nunes.candida@gmail.com

³Docente UFPel/PPG Recursos Hídricos – samuelbeskow@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Existe um consenso de que o aquecimento global e a intensificação das atividades humanas tendem a acelerar o ciclo hidrológico global, resultando em eventos extremos mais frequentes e severos, como as inundações (LIU et al. 2017). Uma parcela do ciclo hidrológico que está diretamente relacionada à estimativa de vazões de pico é o escoamento superficial direto (ESD). Este é causado pelo excesso de precipitação (precipitação efetiva, P_e) que não infiltra no solo, nem fica retido em depressões do terreno. Esta parcela escoia superficialmente pelo terreno, ocasionando a elevação do nível d'água de um curso, podendo causar um evento de cheia.

Neste contexto, foram desenvolvidas técnicas de modelagem para conversão P_e -vazão, dentre as quais destacam-se a teoria do Hidrograma Unitário (HU) e do Hidrograma Unitário Instantâneo (HUI). A estes modelos podem ser associados dados de chuva-vazão ou, ainda, dados derivados de características geomorfológicas da bacia hidrográfica em análise. A partir deste ajuste, vêm sendo derivados alguns modelos existentes na literatura como os sintéticos, conceituais e suas versões geomorfológicas, que são amplamente utilizados para estimativa do ESD.

Segundo BESKOW et al. (2015), a carência ou inexistência de monitoramentos de vazão em cursos d'água de interesse vem resultando no desenvolvimento de modelos hidrológicos, notavelmente com vistas à estimativa da vazão máxima e da sequência temporal de vazões oriundas de um evento de precipitação. Além disso, em bacias de pequeno porte, esta problemática torna-se evidente, mostrando a importância de ampliar a avaliação de formulações geomorfológicas para outras bacias hidrográficas.

Desta forma, visando contribuir para o melhor gerenciamento dos recursos hídricos, com suporte da modelagem hidrológica aplicada à estimativa de vazões e hidrogramas de cheia, este estudo objetivou avaliar o potencial de modelos sintéticos de HU e geomorfológicos de HUI, comparativamente, considerando um cenário concentrado de discretização espacial.

2. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadeia (BHAC), um dos principais tributários do arroio Pelotas, localizada no sul do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Considerando a seção de controle (Figura 1), a BHAC apresenta uma área de drenagem de 121,23 km².

Visando à modelagem de cheias na BHAC, foram utilizados os dados da rede de monitoramento hidrológico automático (Figura 1) do Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas/CNPq - UFPEL.

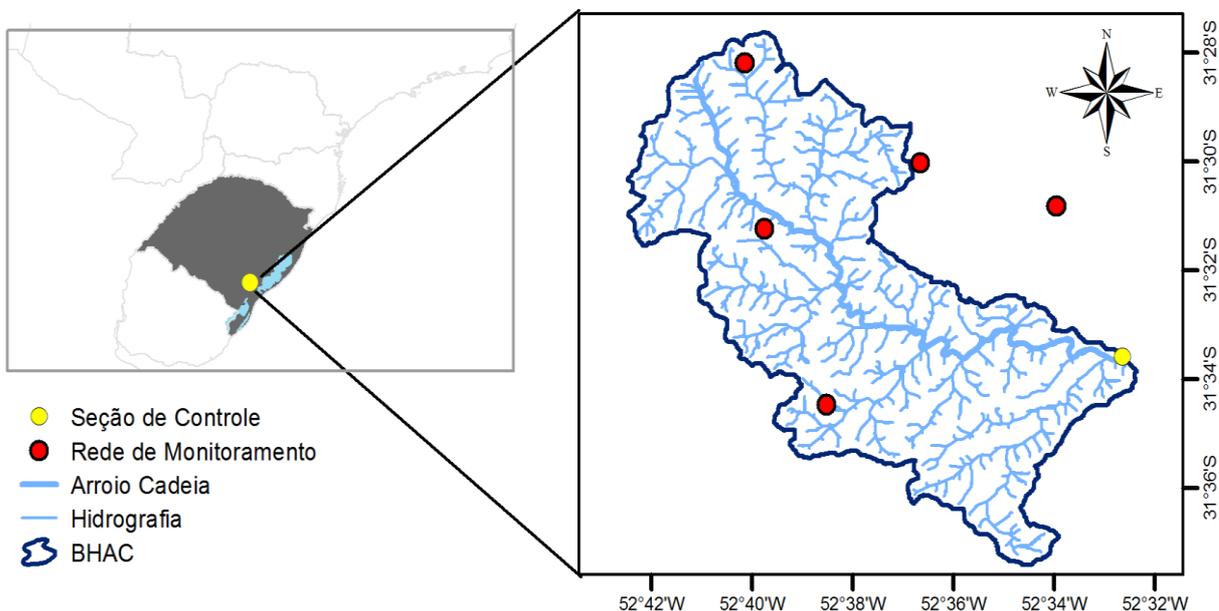


Figura 1 - Localização da BHAC e estações pluviográficas.

As informações de relevo na escala de 1:50.000 foram extraídas de HASENACK; WEBER (2010), que contemplam todo o estado do RS. Posteriormente, essas foram utilizadas como dados de entrada no ambiente do ArcGIS 10.1 a fim de elaborar o modelo digital de elevação hidrológicamente consistente (MDEHC) e, assim, realizar a caracterização geomorfológica da bacia. Além disso, foram analisados oito eventos chuva-vazão, preferencialmente os causadores de cheias mais pronunciadas, com diferentes durações, totais precipitados e intensidades médias. Para a determinação do HU se faz necessário conhecer somente a parcela de escoamento referente ao ESD, ou seja, conhecer a sequência temporal de vazões decorrentes do ESD ocasionada por um evento de chuva (STEINMETZ, 2017). A separação do escoamento foi realizada através do Método das Inflexões, descrito por MELLO; SILVA (2013). A partir da separação do escoamento e da determinação da P_e total, pode-se distribuir a última ao longo do tempo, fazendo uso do método do Número da Curva (CN) (SCS, 1971). Para este estudo, os valores de CN foram ajustados para cada evento de precipitação de modo que a soma de todas as $P_{e's}$ fosse quantitativamente igual ao ESD observado, considerando, portanto, o valor observado das abstrações iniciais para cada evento, conforme AGUIRRE et al. (2005).

Os modelos sintéticos avaliados foram o Hidrograma Unitário Triangular (HUT) e o Hidrograma Unitário Adimensional (HUA), desenvolvidos pelo SCS (1971). Também foram avaliadas as versões geomorfológicas de Clark (Hidrograma Unitário Instantâneo Geomorfológico de Clark - $HUIC_{GEO}$) e Nash (Hidrograma Unitário Instantâneo Geomorfológico de Nash - $HUIN_{GEO}$), derivadas de RODRIGUEZ-ITUBE; VALDEZ (1979).

O desempenho dos modelos foi quantificado aplicando-se o coeficiente de Nash Sutcliffe (C_{NS}), proposto por NASH; SUTCLIFFE (1970). Para averiguar o



desempenho segundo este coeficiente, utilizou-se a classificação sugerida por MORIASI et al. (2007): $C_{NS} > 0,65$, muito bom; $0,54 < C_{NS} < 0,65$, bom; $0,50 < C_{NS} < 0,54$, satisfatório. Valores de C_{NS} inferiores a 0,50 foram considerados como ajustes insatisfatórios.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de simplificar o entendimento e proporcionar a comparação entre os modelos, a Tabela 1 sintetiza os resultados do desempenho dos modelos de HU e HUI considerando o cenário concentrado de discretização espacial.

Tabela 1 - Valores médios e medianos da estatística Nash-Sutcliffe (C_{NS}) para os modelos de HU e HUI analisados neste estudo.

C_{NS}	Modelo			
	HUA	HUT	HUIC _{GEO}	HUIN _{GEO}
Média	0,53	0,70	-4,82	0,89
Mediana	0,60	0,66	-4,58	0,93

Através da estatística C_{NS} , constata-se que, em média, os hidrogramas estimados de forma mais próxima aos observados foram obtidos através do HUIN_{GEO} com valor de C_{NS} de 0,89; seguido do HUT com 0,70. Em contrapartida, é possível verificar que, em média, o HUIC_{GEO} obteve a pior acurácia entre os modelos estudados com C_{NS} de -4,82.

Conforme a classificação de MORIASI et al. (2007), é importante observar que o HUIN_{GEO} foi classificado como “muito bom” em todos os eventos para a modelagem concentrada. O HUA também foi enquadrado como “muito bom”, porém apenas para quatro dos oito eventos. Com relação ao HUT, apenas um evento foi classificado como “insatisfatório”. O HUIC_{GEO} obteve acurácia classificada como “insatisfatório” para todos os eventos analisados.

Observando os resultados é notável a superioridade do modelo de HUIN_{GEO} em comparação aos tradicionais HUT e HUA. Esta afirmativa corrobora com dados de VEBER (2016), o qual estudou a bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha em Minas Gerais. Neste contexto, considerando a problemática da disponibilidade de dados observados de vazão em bacias de pequeno porte, destaca-se a importância de avaliar as formulações geomorfológicas em uma maior diversidade de bacias hidrográficas. Conforme KUMAR; KUMAR (2008), o HUIN_{GEO} pode ser utilizado com boa precisão em bacias hidrográficas, sem utilizar series históricas da vazão.

4. CONCLUSÕES

Com base na discussão dos resultados supracitados com relação aos modelos, é possível concluir que o HUIN_{GEO} e HUT apresentaram as melhores estimativas dos hidrogramas de ESD no cenário de modelagem concentrada. Já o modelo de HUIC_{GEO} apresentou a pior acurácia dentre os modelos estudados.

Para o porte da sub-bacia em questão, a formulação geomorfológica de Nash é, em média, superior aos modelos tradicionais de HUA e HUT e apresenta potencial para prever vazões de cheias em bacias hidrográficas a partir de características físicas da bacia, ou seja, sem utilizar dados monitorados de vazão.

Deve-se atentar para a utilização destas formulações, pois elas tendem a não serem universais, sendo necessário um estudo mais aprofundado contemplando uma maior quantidade e diversidade de bacias hidrográficas não-monitoradas.



5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGIRRE, U. et al. Application of a unit hydrograph based on subwatershed division and comparison with Nash's instantaneous unit hydrograph. **Catena**, v. 64, p. 321-332, 2005.
- BESKOW, S.; SOUZA, M. R.; LUZ, E. P. D. Ciclo hidrológico. In: **RODRIGUES, C. Programa Gestor de Recursos Hídricos. Santa Cruz do Sul: Essere Nel Mondo**, 2015. Cap. 1, p. 6-12.
- ESRI, ArcGIS DESKTOP 10.1. Redlands, CA: **Environmental Systems Research Institute**, Inc. (Esri), 2014. CD-ROM.
- HASENACK, H.; WEBER, E. **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS/Centro de Ecologia. 2010. 1 DVDROM. (Série Geoprocessamento n. 3)
- LIU, S.; HUANG, S.; HUANG, Q.; XIE, Y.; LENG, G.; LUAN, J.; SONG, X.; WEI, X.; LI, X. Identification of the non-stationarity of extreme precipitation events and correlations with large-scale ocean-atmospheric circulation patterns: A case study in the Wei River Basin, China. **Journal of Hydrology**, n. 548 p. 184–195, 2017.
- MELLO, C. R. D.; SILVA, A. M. D. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. 1ª. ed. Lavras: UFLA, 2013. 455 p.
- MORIASI, D. N. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Trans. ASABE**, v. 50, n. 3, p. 885-900, 2007.
- NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. River flow forecasting through conceptual models I: a discussion of principles. **Journal of Hydrology**, v. 10, n. 3, p. 282- 298, 1970.
- RODRIGUEZ-ITURBE, I.; VALDEZ, J. B. The geomorphologic structure of hydrologic response. **Water Resources Research**, v. 15, n. 6, p. 1409-1420, 1979.
- SCS. **National Engineering Handbook**. Washington: Soil Conservation Service/USDA. Technical Release n. 55, 1971.
- STEINMETZ, A. A. **Estimativa de cheias aplicando a técnica de hidrograma unitário com diferentes abordagens de discretização espacial em uma sub-bacia do arroio pelotas**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.
- VEBER, C. L. P. **Desempenho de modelos de hidrograma unitário em duas bacias hidrográficas com comportamento hidrológico contrastante**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.
- KUMAR, A.; KUMAR, D. Predicting Direct Runoff from Hilly Watershed Using Geomorphology and Stream-OrderLaw Ratios: Case Study. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 13, n. 7, p. 570-576, 2008.