

## AVALIAÇÃO DO MODELO LISEM PARA MODELAGEM DE CHEIAS

MARCELLE MARTINS VARGAS<sup>1</sup>; CARLOS ROGÉRIO DE MELLO<sup>2</sup>;  
MARIA CÂNDIDA MOITINHO NUNES<sup>3</sup>; LESSANDRO COLL FARIA<sup>4</sup>;  
SAMUEL BESKOW<sup>5</sup>

<sup>1</sup> PPG Recursos Hídricos, UFPel – marcellevarg@gmail.com

<sup>5</sup> PPG Recursos Hídricos, UFLA – crmello@deg.ufla.br

<sup>3</sup> PPG Manejo e Conservação do Solo e da Água, UFPel – candida.nunes@ufpel.edu.br

<sup>4</sup> PPG Recursos Hídricos, UFPel – lessandro.faria@ufpel.edu.br

<sup>5</sup> PPG Recursos Hídricos, UFPel – samuel.beskow@ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

Estudos de cheias são essenciais no âmbito de bacias hidrográficas, dado a problemática envolvendo a ocorrência de desastres naturais desta natureza e os problemas socioeconômicos derivados. Diante disso, o monitoramento hidrológico é indispensável para o gerenciamento integrado de recursos hídricos em regiões propensas a inundações. No Brasil, a rede de monitoramento, geralmente, contempla bacias hidrográficas de médio a grande porte, com o objetivo de subsidiar o planejamento de hidrelétricas e outros empreendimentos importantes. As bacias hidrográficas pequenas são pouco monitoradas e, geralmente, técnicos se deparam com a falta de dados no local de interesse, o que aumenta a aplicabilidade dos modelos hidrológicos para quantificar os processos hidrológicos (CALDEIRA et al., 2018).

O Limburg Soil Erosion Model (LISEM) (DE ROO et al., 1996) foi desenvolvido na Holanda, na província de Limburg, com o objetivo de estudar estratégias de redução de erosão e conservação do solo para a região. O LISEM pode ser classificado como um modelo determinístico, conceitual, distribuído e discreto, que simula a resposta da bacia hidrográfica durante e imediatamente após um evento de chuva. É importante ressaltar que, no Brasil, existem poucos estudos, especialmente avaliando o modelo para a quantificação do escoamento superficial direto (ESD) visando estudos de cheias.

Este estudo tem como objetivo avaliar o potencial do LISEM por meio de modelagem distribuída para estimativa do ESD, que é o grande responsável por eventos de cheias, na bacia hidrográfica do arroio Cadeia (BHAC), localizada no sul do Brasil, a qual é uma região muito suscetível a inundações (STEINMETZ et al., 2019).

### 2. METODOLOGIA

A bacia hidrográfica do arroio Cadeia (BHAC) tem uma área de 121,23 km<sup>2</sup> e está localizada na bacia transfronteiriça Mirim-São Gonçalo, no sul do Rio Grande do Sul (Brasil) (Figura 1).

Os dados de chuva foram obtidos a partir de 6 pluviômetros automáticos, com discretização temporal de 5 minutos, e de uma estação hidrológica localizada no exutório da BHAC, gerenciados pelo Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas/CNPq, da Universidade Federal de Pelotas. A seção de controle da BHAC possui monitoramento limimétrico automático discretizado em 10 minutos e combinado com a curva-chave existente, foram derivados os hidrogramas observados.

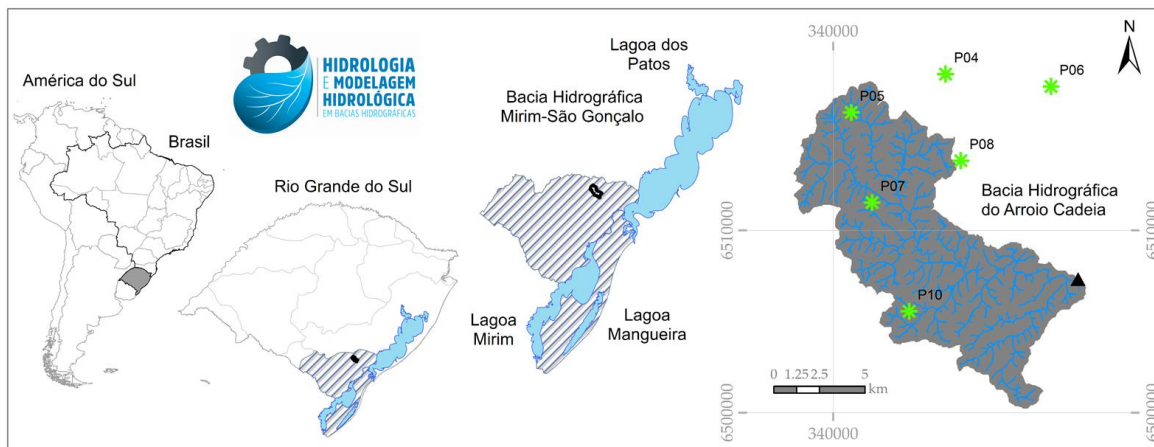


Figura 1: Localização da BHAC no contexto da bacia hidrográfica transfronteiriça Mirim-São Gonçalo do lado brasileiro, do estado, do país e do continente sul-americano, bem como a localização das estações da rede de monitoramento hidrológico empregadas neste estudo.

Quanto à classe de solo na BHAC, predominam Argissolo Vermelho, Argissolo Amarelo e Argissolo Bruno-Acizentado. Analisando os parâmetros texturais extraídos de Cunha et al. (2006) e seguindo a classificação de Sartori et al. (2005) para o segundo nível categórico, os solos da área de estudo foram classificados nos grupos hidrológicos C e D, que são caracterizados por baixa permeabilidade, com baixa a moderada profundidade. De acordo com a classificação de imagens de satélite, o uso e cobertura do solo na BHAC consiste de (STEINMETZ et al., 2019): floresta (31%), área não-cultivada (30%), solo exposto (25%), área cultivada (13,9%) e água (0,1%).

Considerando a escala de dados disponível para a região em formato vetorial, os mapas foram gerados com base em células de 25 m. Para estruturar o conjunto de mapas de entrada para parametrização do LISEM, o PCRaster foi utilizado, por meio da linguagem de programação Python. Os mapas de entrada usados no PCRaster para derivar os parâmetros necessários foram: Modelo Digital de Elevação (MDE), classes de solo, classes de uso e cobertura do solo, e representação da área de influência das estações pluviométricas. Além disso, os parâmetros descritos no Quadro 1 foram incorporados aos mapas de classes de solos e de uso e cobertura do solo por meio do PCRaster. Em razão de características associadas à formulação do LISEM, ao banco de dados temporais, ao tempo de concentração da BHAC e às restrições computacionais, o passo de tempo de simulação no LISEM foi 30 min.

Quadro 1: Parâmetros de entrada do LISEM.

| Mapa de Classe de Solo |  | Parâmetro  | Mapa de Uso e Cobertura do Solo |   |
|------------------------|--|--|---------------------------------|---|
|                        |  | Conductividade hidráulica do solo saturado ( $K_{sat}$ - $mm \cdot h^{-1}$ ) |                                 | Rugosidade da superfície do solo (cm)                               |
|                        |  | Porosidade ( $\phi$ - $cm^3 \cdot cm^{-3}$ )                                 |                                 | Coefficiente de rugosidade de superfície de Manning ( $Manning_c$ ) |
|                        |  | Tensão média na frente de molhamento ( $\psi_m$ - cm)                        |                                 | Fração da área coberta e altura da planta (m)                       |
|                        |  | Umidade inicial do solo ( $\Theta_i$ - $cm^3 \cdot cm^{-3}$ )                |                                 | Altura de planta (m)  |

Os parâmetros  $K_{sat}$  e  $\Theta_i$  foram calibrados seguindo recomendações de DE ROO et al. (1996), haja vista que a  $K_{sat}$  e  $\Theta_i$  são os parâmetros de maior sensibilidade no LISEM (SHIEKH et al., 2010), enquanto o Manning<sub>c</sub> permite ajustar o tempo de pico ( $t_p$ ) (RAHMATI et al., 2013) do hidrograma. A sensibilidade do Manning<sub>c</sub> pode ser explicada com base no uso do solo da BHAC, onde existe predominância de agricultura.

Para avaliar o potencial do LISEM, foram utilizados 15 eventos de chuva-vazão observados, sendo 10 para calibração e 5 para validação. Neste contexto, os valores médios dos parâmetros calibrados de  $K_{sat}$ ,  $\Theta_i$  e Manning<sub>c</sub> foram utilizados para validar o modelo. O desempenho do modelo foi avaliado de acordo com o coeficiente de Nash-Sutcliffe ( $C_{NS}$ ) (NASH; SUTCLIFFE, 1970) seguindo classificação de Motovilov et al. (1999).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do desempenho se mostrou satisfatória (MOTOVILOV et al., 1999) quanto aos valores de  $C_{NS}$  de modo que o valor médio de  $C_{NS}$  foi 0,71 e valores acima de 0,85 foram obtidos para 7 dos 10 eventos analisados na calibração. Outros estudos usando o LISEM obtiveram desempenho similar ou inferior ao apresentado neste estudo (RAHMATI et al., 2013; GRUM et al., 2017).

A  $K_{sat}$  foi o parâmetro priorizado para uma boa estimativa de  $Q_p$ , haja vista ser um dos parâmetros de maior sensibilidade (DE ROO et al. 1996). Nos testes de calibração dos parâmetros, embora  $\Theta_i$  também tenha se mostrado sensível, manualmente se tornou inviável manter uma calibração tripla ( $K_{sat}$ ,  $\Theta_i$  e Manning<sub>c</sub>). É importante ressaltar que o LISEM não possui uma estrutura de calibração automática, o que torna o processo laborioso e, por vezes, subjetivo.

No tocante à validação, o valor médio do Manning<sub>c</sub> (1,65) foi utilizado para encontrar uma representatividade geral para este parâmetro nos eventos chuva-vazão. Além disso, os valores médios de  $\Theta_i$  ( $0,28 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ) e  $K_{sat}$  ( $0,50 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ) também foram utilizados. De acordo com a estatística de desempenho ( $C_{NS}$ ), 3 dos 5 eventos utilizados para validação do modelo apresentaram valores de  $C_{NS}$  acima de 0,49.

Embora o modelo tenha representado a BHAC satisfatoriamente, de acordo com a estatística de desempenho ( $C_{NS}$ ), a resolução dos mapas (25 m) e o passo de tempo aplicado (30 minutos) podem ter influenciado nos resultados. Ademais, o fato de haver eventos distintos e, muitas vezes, complexos de chuva na região da BHAC, pode ter influenciado na modelagem dos hidrogramas de cheias.

Mediante os resultados encontrados, foi possível verificar a aplicabilidade do LISEM como uma ferramenta de gerenciamento de cheias. Isso é devido a BHAC possuir uso predominante de agricultura, o que viabiliza estudos de técnicas de conservação para reduzir os problemas de cheias decorrentes de chuvas intensas, aumentando o potencial do uso do LISEM nesta região.

### 4. CONCLUSÕES

Com base na síntese dos resultados apresentados, pode-se concluir que o LISEM é uma ferramenta promissora para prever eventos de cheias na BHAC. Além disso, pôde-se constatar que: i) os parâmetros de  $K_{sat}$ ,  $\Theta_i$  e Manning<sub>c</sub> foram sensíveis para a BHAC; ii) o LISEM é capaz de estimar a  $Q_p$  na BHAC desde que tenha sido devidamente ajustado às condições de solo existentes na bacia hidrográfica; e iii) o LISEM tem potencial para uso na gestão de recursos hídricos no tocante à modelagem de processos hidrológicos da BHAC.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALDEIRA, T. DE OLIVEIRA, V. STEINMETZ, A. VIOLA, M. BESKOW, S. Modelagem hidrológica determinística chuva-vazão em bacias hidrográficas: uma abordagem introdutória. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v.5, p.22-32, 2018.
- CUNHA, N. G.; SILVEIRA, R. J. C.; SEVERO, C. R. S. **Solos e Terras do Planalto Sul-Rio-Grandense e Planícies Costeira**. Pelotas: EMBRAPA/CPACT, 43 p, 2006.
- DE ROO, A. P. J.; OFFERMANS, R. J. E.; CREMERS, N. T. L. A single-event physically-based hydrological and soil erosion model for drainage basins. II: sensitivity analysis, validation and application. **Hydrological processes**, v.10, n.8, p. 1119-1126, 1996.
- GRUM, B.; WOLDEAREGAY, K.; HESSEL, R.; BAARTMAN, J. E.; ABDULKADIR, M.; YAZEW, E.; GEISSEN, V. Assessing the effect of water harvesting techniques on event-based hydrological responses and sediment yield at a catchment scale in northern Ethiopia using the Limburg Soil Erosion Model (LISEM). **Catena**, v.159, p.20-34, 2017.
- MOTOVILOV, Y. G.; GOTTSCHALK, L.; ENGELAND, K.; RODHE, A. Validation of a distributed hydrological model against spatial observations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 98, pp. 257-277, 1999.
- 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.
- RAHMATI, M.; NEYSHABOURI, M. R.; FAKHERIFARD, A.; OSKOU EI, M. M.; AHMADI, A.; SHEIKH, J. V. Rainfall-runoff prediction using LISEM model in Lighvan watershed, North West of Iran. **Technical Journal of Engineering and Applied Sciences**, v.3, n.16), p. 1893-1901, 2013.
- SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.10. n.4, p.05-18, 2005.
- SHEIKH, V.; VAN LOON, E.; HESSEL, R.; JETTEN, V. Sensitivity of LISEM predicted catchment discharge to initial soil moisture content of soil profile. **Journal of Hydrology**, v.393, n.3-4, p. 174-185, 2010.
- STEINMETZ, A.A.; BESKOW, S.; TERRA, F. S.; NUNES, M. C. M.; VARGAS, M. M.; HORN, J. F. C. Influence of spatial discretization on flood modeling from Unit Hydrograph Theory. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** 24, 2019.