

## DESEMPENHO DE MODELOS DE HIDROGRAMA UNITÁRIO NUMA BACIA HIDROGRÁFICA INSERIDA EM BIOMA DE MATA ATLÂNTICA

LEO FERNANDES AVILA<sup>1</sup>; CRISTIAN LARRI PIRES VEBER<sup>2</sup>; TAMARA LEITZKE  
CALDEIRA<sup>3</sup>; MAIRA MARTIM MOURA<sup>4</sup>; MARCELLE MARTINS VARGAS<sup>5</sup>;  
SAMUEL BESKOW<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Bolsista de Pós-Doutorado da CAPES na UFPel/PPG Recursos Hídricos – [avilalf@gmail.com](mailto:avilalf@gmail.com)

<sup>2</sup>Discente UFPel/PPG Recursos Hídricos – [cristian.veber@hotmail.com](mailto:cristian.veber@hotmail.com)

<sup>3</sup>Discente UFPel/PPG MACSA – [tamaraleitzkecaldeira@gmail.com](mailto:tamaraleitzkecaldeira@gmail.com)

<sup>4</sup>Discente UFPel/PPG Recursos Hídricos – [martimdemoura@gmail.com](mailto:martimdemoura@gmail.com)

<sup>5</sup>Discente UFPel/Engenharia Hídrica – [marcellevarg@gmail.com](mailto:marcellevarg@gmail.com)

<sup>6</sup>Docente UFPel/Engenharia Hídrica – [samuelbeskow@gmail.com](mailto:samuelbeskow@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

As causas oriundas da alteração do meio ambiente associados aos desastres naturais consequentes de eventos extremos de precipitação, têm despertado extrema atenção da ciência e dos gestores ambientais. Uma das técnicas fundamentais, relacionada ao gerenciamento dos recursos hídricos, do meio ambiente e, conseqüentemente, do manejo adequado de bacias hidrográficas, é a modelagem hidrológica. Contudo, uma das principais limitações de sua aplicação é a carência de dados hidrológicos, especialmente de vazões. Esta limitação tem estimulado o desenvolvimento e a calibração de modelos hidrológicos que possibilitam a estimativa do escoamento superficial direto (ESD), como por exemplo, as teorias do Hidrograma Unitário (HU) e do Hidrograma Unitário Instantâneo (HUI).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicabilidade de modelos conceituais (HUI de Clark – HUIC e HUI de Nash – HUIN), sintéticos (HU Adimensional – HUA e HU Triangular - HUT) e geomorfológicos (HUI Geomorfológico de Clark – HUIGC e HUI Geomorfológico de Nash – HUIGN) visando à estimativa de vazões de pico e de hidrogramas de ESD para uma bacia hidrográfica localizada na região sul do estado de Minas Gerais, constituída predominantemente por bioma de Mata Atlântica.

### 2. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado na bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha (BHRL), localizada no município de Bocaina de Minas, na região sudeste do estado de Minas Gerais, cuja área de drenagem é de aproximadamente 6,7 km<sup>2</sup>. O clima característico da respectiva região, segundo YANAGI; MELLO (2011), com base em duas metodologias (Köppen e Thorntwaite) são, respectivamente, Cwb e Superúmido A. A temperatura média anual é de 16,0°C, com a média das mínimas de 10,0°C e a média das máximas de 23,0°C. Os totais médios anuais de precipitação verificados variam de 1.841 a 2.756 mm. Por estar inserida no Bioma de Mata Atlântica, na Serra da Mantiqueira, a região apresenta grandes variações de altitudes e relevo irregular, apresentando diferentes classes de declividade (ÁVILA, 2011).

O Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Consistente (MDEHC) foi gerado com base nas cartas topográficas fornecidas pelo IBGE e, a partir do mesmo, foi gerado o mapa de declividade do terreno ao longo da BHRL (Figura 1a), seguindo as classes de declividade proposta pela EMBRAPA (1979).

As unidades pedológicas dessa bacia hidrográfica, conforme MENEZES et al. (2009), são: NEOSSOLO FLÚVICO, GLEISSOLO HÁPLICO e CAMBISSOLO HÁPLICO, ocupando, respectivamente, 7,1, 0,9 e 92 % da área total (Figura 1b). Na Figura 1c é apresentado o mapa das classes de uso atual do solo na BHRL, o qual é constituído por aproximadamente 41% de Mata Atlântica, 14% de regeneração natural em fase de desenvolvimento médio e avançado, 40% de pastagem e 5% de vegetação típica de várzea (ÁVILA, 2011).

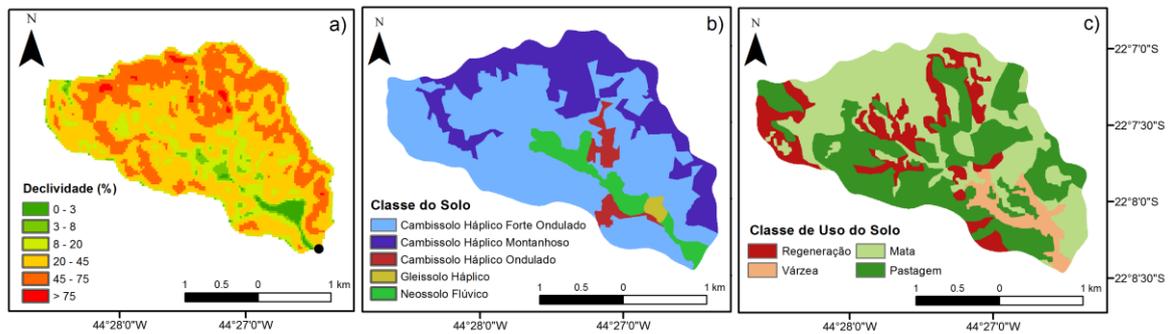


Figura 1. Distribuição das classes de valores de declividade do terreno (a), das classes de solo (b) e de uso solo (c) na BHRL.

A caracterização geomorfológica da BHRL foi realizada visando a obtenção dos parâmetros de entrada dos modelos de HU e HUI, conforme NUNES (2015). Foram utilizados dados pluviométricos provenientes de uma estação meteorológica automática e dados de nível d'água obtidos por meio de um linígrafo automático instalado na seção de controle da mesma, ambos programados para registrar leituras num intervalo de 30 minutos. A série histórica de níveis de água foi então convertida em série de vazões, por meio do emprego da curva-chave da seção de controle.

Foram selecionados eventos de precipitação com diferentes durações, totais precipitados e intensidades médias, a partir dos quais, foram obtidos os hietogramas e hidrogramas utilizados para a modelagem do Hidrograma Unitário (HU) e do Hidrograma Unitário Instantâneo (HUI).

Para a determinação do hidrograma de escoamento superficial direto (ESD), escoamento sub-superficial e escoamento base, utilizou-se a metodologia de separação de escoamento, conhecidos como inflexões A e C, segundo MELLO; SILVA (2013). Posteriormente à separação do escoamento, realizada para cada um dos eventos selecionados, foi extraído do hidrograma de escoamento total apenas o hidrograma de ESD, possibilitando a modelagem dos HU e HUI. O volume de ESD foi obtido a partir da integração numérica conforme TUCCI et al. (2005) e, a precipitação efetiva ( $P_e$ ), por meio da razão entre o volume e a área da bacia.

Assim, a distribuição temporal da  $P_e$  (hietograma de  $P_e$ ) foi realizada adotando-se o método do Número da Curva (CN), desenvolvido pelo Soil Conservation Service (SCS), em 1971. Apesar de existirem outros métodos para estimativa do hietograma de  $P_e$ , o método CN tem sido amplamente empregado para o este propósito (ŠRAJ et al. 2010). É relevante ressaltar que de acordo com o SCS (1971), o método do CN, no seu formato padrão, considera  $I_a$  (abstrações iniciais) igual a 20% de  $S$  (capacidade de armazenamento do solo). Contudo, nesse estudo, foram consideradas as abstrações iniciais, com base na análise conjunta do hietograma e hidrograma. Desta forma, os valores de CN foram calibrados para cada evento de precipitação, de modo que a soma de todas as  $P_e$ s resultasse no ESD observado.

Com relação ao  $t_{lag}$  (tempo de retardo), o mesmo foi determinado por duas metodologias com intuito de analisar seu desempenho no ajuste dos modelos, ambas conforme recomendação do Soil Conservation Service (1971). A primeira metodologia baseada na equação empírica ( $T_{lag1}$ ), e a segunda, no tempo de concentração da bacia ( $T_{lag2}$ ), determinado pela equação de Ven Te Chow.

Para análise da acurácia dos modelos fez-se a comparação do hidrograma estimado de ESD com o observado, empregando-se o coeficiente de Nash e Sutcliffe -  $C_{NS}$  (NASH; SUTCLIFFE, 1970) e o erro relativo na estimativa da vazão de pico-  $ER_{QP}$  (ANDRADE; MELLO; BESKOW, 2013).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios das estatísticas de desempenho para a bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha.

Tabela 1 - Valores médios das estatísticas Nash-Stucliffe ( $C_{NS}$ ) e erro relativo da vazão de pico ( $ER_{QP}$ ) para os modelos de HU e HUI analisados neste estudo

Método	$C_{NS}$	$ER_{QP}$
$HUA_{T_{lag1}}$	-1,32	60,21
$HUA_{T_{lag2}}$	-2,56	160,37
$HUT_{T_{lag1}}$	-1,17	62,29
$HUT_{T_{lag2}}$	-2,49	155,87
HUIC	0,94	6,00
HUIGC	-2,43	141,10
HUIN	0,98	3,57
HUIGN	0,27	36,81

Considerando como análise o parâmetro  $C_{NS}$ , para o qual se recomendam valores próximos a unidade, nota-se, de modo geral, que os modelos HUIC e HUIN foram os de melhor se ajuste, seguido do HUIGN. Em relação à estatística  $ER_{QP}$ , a tendência foi similar.

Diante desses aspectos, pode-se inferir que o melhor desempenho dos modelos HUIC e HUIN possivelmente está associado ao emprego de dados observados de precipitação e vazão no processo de ajuste. Resultados semelhantes, com relação ao melhor desempenho dos modelos de HUIC e/ou HUIN em relação às suas versões geomorfológicas também foram observados por GHUMMAN et al. (2014).

### 4. CONCLUSÕES

Neste contexto, pode-se concluir que: a) Os modelos HUIC e HUIN foram os que tiveram melhor acurácia no ajuste; b) O HUIGN apresentou desempenho satisfatório para a referida bacia.

Contudo, os resultados obtidos limitam-se a bacia de estudo. Dessa forma, seria de grande importância, a análise de desempenho dos modelos aplicando-os a diferentes bacias hidrográficas, situadas em biomas variados.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. A.; MELLO, C. R. D.; BESKOW, S. Simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica representativa dos Latossolos na região Alto Rio Grande, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 69-76, 2013. ISSN 10.1590/S1415-43662013000100010.

ÁVILA, L. F. **Balanço Hídrico em um Remanescente de Mata Atlântica da Serra da Mantiqueira, MG**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 839, 1979. ESRI. **Environmental Systems Research Institute**, 2004.

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. doi: 10.1134/S0097807814040071.

MELLO, C. R. D.; SILVA, A. M. D. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. 1ª. ed. Lavras: UFLA, 2013. 455 p. ISBN 9788581280296.

MENEZES, M. D. et al. Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha – Serra da Mantiqueira (MG). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 82, v. 37, p. 175-184, 2009.

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. ISSN 10.1016/0022-1694(70)90255-6.

ŠRAJ, M.; DIRNBEK, L.; BRILLY, M. The influence of effective rainfall on modeled runoff hydrograph. **Journal of Hydrology and Hydromechanics**, v. 58, n. 1, p. 3-14, 2010. ISSN 10.2478/v10098-010-0001 -5.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. 2ª. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 678 p. ISBN 8570258232.

YANAGI, S. N. M.; MELLO, C. R. **Aplicação de séries temporais para identificação de tendências climáticas em regiões do sul de Minas Gerais**. 2011. 51p. Relatório Final de Pesquisa - FAPEMIG.