

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM MODELO HIDROLÓGICO PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO NADO, BELO HORIZONTE, MG

*Amanda P. Oliveira¹ ; Gabriella N. Costa² ; Luana A. Rocha³ ; Paloma R. Zacarias⁴ ; Marcela O.
Floriano⁵ & Aline A. Nunes⁶*

Abstract: Urban expansion and the implementation of drainage pipe systems cause significant hydrological needs, such as adequate infrastructure, soil waterproofing control and rainwater management to prevent floods and protect the quality of the environment. The Córrego do Nado basin, which has areas in the regions of Venda Nova, Pampulha and the northern region of Belo Horizonte – MG, has been suffering from an increase in surface runoff and peak flows during intense rains, these changes have increased the frequency and the intensity of flooding in the region. Therefore, the present work aims to carry out a hydrological simulation to calibrate and validate a basin model using the HEC-HMS software. In the calibration and validation prints of the hydrological model, based on rainfall events, they demonstrated their effectiveness in representing the dynamics of the basin. The NSE values obtained confirm the reliability of the modeling, attributed to the quality of the data entered. Thus, the model is suitable for hydrological simulations and support for the management of water resources in the region.

Resumo: A expansão urbana e a implantação de sistemas de canalização de drenagem provocam necessidades hidrológicas significativas, como a de infraestrutura adequada, controle da impermeabilização do solo e gestão das águas pluviais para prevenir enchentes e proteger a qualidade do ambiente. A bacia do Córrego do Nado que apresenta áreas nas regiões de Venda Nova, Pampulha e na região norte de Belo Horizonte – MG, vem sofrendo com o aumento do escoamento superficial e das vazões de pico durante chuvas intensas, essas alterações têm elevado a frequência e a intensidade de inundações na região. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma simulação hidrológica para calibrar e validar um modelo da bacia utilizando o software HEC-HMS. Nas etapas de calibração e validação do modelo hidrológico, baseadas em eventos pluviométricos, demonstraram sua eficácia na representação da dinâmica da bacia. Os valores de NSE obtidos confirmam a confiabilidade da modelagem, atribuída à qualidade dos dados inseridos. Assim, o modelo se mostra adequado para simulações hidrológicas e apoio à gestão dos recursos hídricos da região.

Palavras-Chave – Drenagem urbana, Gestão das águas, Hidrogramas.

¹) Graduanda em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de Ouro Preto – Ouro Preto (MG), Brasil, amanda.po@aluno.ufop.edu.br

²) Graduanda em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de Ouro Preto – Ouro Preto (MG), Brasil, gabriella.costa@aluno.ufop.edu.br

³) Graduanda em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de Ouro Preto – Ouro Preto (MG), Brasil, luana.adriano@aluno.ufop.edu.br

⁴) Graduanda em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de Ouro Preto – Ouro Preto (MG), Brasil, paloma.zacarias@aluno.ufop.edu.br

⁵) Graduada em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de Ouro Preto – Ouro Preto (MG), Brasil, mahiello@gmail.com

⁶) Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professora da Universidade Federal de Ouro Preto – Ouro Preto (MG), Brasil, aline.nunes@ufop.edu.br

Endereço: Campus Morro do Cruzeiro, Bauxita, CEP: 35400-000, Ouro Preto (MG), Brasil, fone: (31) 3559-1163

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional exerce influência significativa sobre as bacias hidrográficas, especialmente em áreas urbanas. A expansão das cidades resulta em maior impermeabilização do solo, o que reduz a infiltração de água e aumenta o escoamento superficial. Consequentemente, há elevação nos picos de vazão dos cursos d'água, intensificando a frequência e a magnitude de inundações urbanas (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2002, p. 29).

Além disso, a urbanização acarreta a poluição dos corpos hídricos devido ao lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento adequado, comprometendo a qualidade da água e a saúde pública (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2002, p. 30). Esses fatores, somados às mudanças climáticas, agravam a ocorrência de eventos extremos, como chuvas intensas e enchentes (IPEA, 2020, p. 5). A ausência de infraestrutura adequada de drenagem urbana e a ocupação irregular das margens dos cursos d'água contribuem para o aumento dos danos sociais e econômicos causados por inundações recorrentes (REIS; ROCHA, 2013, p. 155).

Nesse contexto, os modelos hidrológicos emergem como ferramentas essenciais para compreender e prever o comportamento hidrológico das bacias (TUCCI, 2008). Eles permitem simular diferentes cenários de uso e ocupação do solo, bem como avaliar os efeitos de intervenções humanas e mudanças climáticas sobre o regime hidrológico (ESCARIÃO, 2001). A calibração e validação desses modelos são fundamentais para garantir sua precisão e confiabilidade nas análises, auxiliando na tomada de decisões informadas para o planejamento e a conservação das bacias hidrográficas (MARINHO FILHO et al., 2012; RENNÓ, 2003).

O presente estudo tem como objetivo a calibração e validação de um modelo hidrológico aplicado à bacia hidrográfica do Córrego do Nado, localizada em Belo Horizonte. Para a validação do modelo, serão coletados dados reais de chuva e vazão referentes a dois eventos hidrológicos na bacia, permitindo uma análise comparativa entre os valores simulados e observados. Dessa forma, busca-se avaliar a capacidade do modelo em representar o comportamento hidrológico da bacia e sua aplicabilidade na gestão dos recursos hídricos.

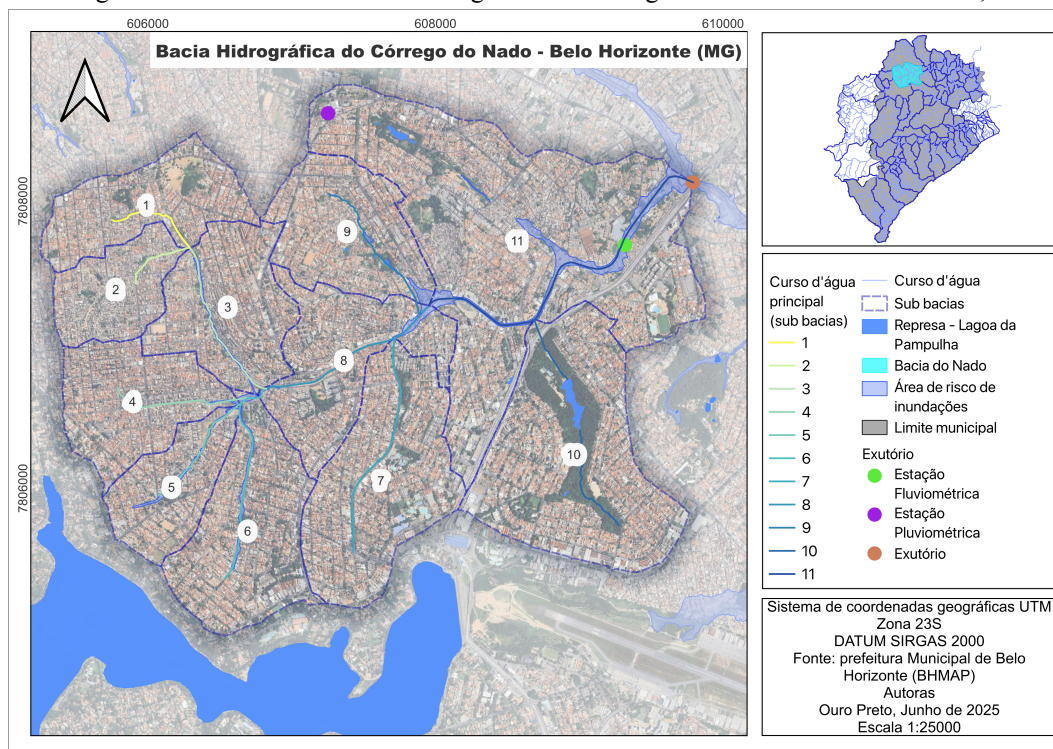
MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho corresponde à bacia hidrográfica do Córrego do Nado, localizada na cidade de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais. A bacia é subdividida em 11 sub-bacias, cuja configuração influencia o comportamento hidrológico da região, devido a impermeabilização do solo (LOPES *et al.* 2003). Nos últimos anos, foram registrados eventos extremos de precipitação na área, resultando em episódios de inundação.

A Figura 1 apresenta a delimitação da bacia do Córrego do Nado e suas respectivas sub-bacias, destacando a hidrografia principal, conforme os dados mais recentes disponibilizados pela Prefeitura de Belo Horizonte. Nota-se que a bacia hidrográfica do Córrego do Nado apresenta significativa ocupação por edificações, além de uma área sujeita a inundações na região do exutório. A bacia possui uma extensão de 12,31 km², enquanto seu curso d'água principal se estende por 5,71 km.

Figura 1 - Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Córrego do Nado em Belo Horizonte, MG



No que se refere ao uso e ocupação do solo, a área de estudo está regulamentada pela Lei de Zoneamento nº 11.181/2019, que estabelece diretrizes para o ordenamento territorial em Belo Horizonte. A bacia apresenta um uso diversificado, incluindo Áreas de Proteção Ambiental (AEIS) e Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), estas últimas destinadas à regularização fundiária e ao desenvolvimento de habitação de interesse social. Esse contexto reflete a coexistência de diferentes padrões de urbanização, que influenciam diretamente a dinâmica hidrológica da bacia e a necessidade de estratégias eficazes de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Elaboração do modelo hidrológico

A elaboração do modelo hidrológico foi realizada por meio do *software* HEC-HMS, utilizando parâmetros hidrológicos e hidráulicos previamente estabelecidos na literatura (CARVALHO, ZUFFO, 2021; VENEZIANI, MANTOVANI, 2020). O HEC-HMS permite a transformação de chuva-vazão e propagação de cheias, amplamente utilizado em para simulações hidrológicas (ANDRADE, 2017; MOREIRA et al., 2013). Para a estimativa das perdas por infiltração, adotou-se o método SCS *Curve Number* (CN), permitindo a caracterização da resposta hidrológica das sub-bacias em função do uso e ocupação do solo. A transformação da chuva efetiva em vazão foi conduzida pelo método do Hidrograma Unitário do SCS, o qual considera a distribuição temporal do escoamento superficial. A propagação das cheias ao longo dos cursos d'água foi modelada pelo método de Muskingum-Cunge, que possibilita a representação do transporte do escoamento ao longo dos canais.

O coeficiente de rugosidade adotado para os cursos d'água foi 0,012, conforme os valores recomendados por Porto (2006) para canais naturais. O tempo de retardo (*Lag Time*) foi estimado como 60% do Tempo de Concentração (T_c), sendo este último calculado a partir da equação de

Kirpich, utilizando os dados específicos de cada uma das 11 sub-bacias analisadas. Para a obtenção dos valores do *Curve Number* (CN) referentes ao ano de 2021, utilizou-se a base de dados do BHMaps (<https://bhmaps.pbh.gov.br/>). Já o cálculo do percentual de área impermeável (IMP) de cada sub-bacia foi realizado com base na adaptação dos respectivos valores apresentados pela SUDECAP (PMBH, 2017), de acordo com o zoneamento atual.

A modelagem também incorporou informações de cursos d'água existentes na bacia hidrográfica em estudo. Estes foram subdivididos em 3 trechos de rios, cujos comprimentos e declividades foram determinados com base nos dados do Atlas dos Diagramas dos Canais Revestidos do Sistema de Macrodrenagem da Bacia do Ribeirão da Onça (PBH, 2002).

Calibração e validação do modelo

A calibração e validação do modelo hidrológico são etapas fundamentais para garantir a confiabilidade das simulações. Para este estudo, os dados das estações pluviométricas e fluviométricas foram obtidos por meio da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). A estação fluviométrica selecionada foi a 7 – Córrego do Nado, localizada na Rua Dr. Álvaro Camargos, 649, próximo à Rua das Pedrinhas, Bairro São João Batista, Venda Nova. Já a estação pluviométrica utilizada foi a 5 – Córrego Nado, localizada na Secretaria Administrativa Regional Venda Nova, Av. Érico Veríssimo, 1428, Bairro Rio Branco, Venda Nova.

O processo de seleção dos eventos de chuva foi uma etapa essencial para o sucesso da calibração e validação do modelo. Para tanto, foram escolhidos dois eventos de precipitação representativos de diferentes condições hidrológicas. O evento de calibração ocorreu em, 12/11/2021. Já o evento de validação ocorreu em 12/10/2024, e por ser mais intenso que o primeiro, ocasionou um aumento significativo no nível da água da bacia do Córrego do Nado e caracterizando-se como uma chuva extrema. A escolha de eventos com magnitudes distintas possibilitou uma análise abrangente do desempenho do modelo sob diferentes cenários hidrológicos.

Para estimar as vazões no canal, utilizou-se a equação de Manning, assumindo um regime de escoamento uniforme e adotando um coeficiente de rugosidade de 0,012, característico de canais de concreto. A vazão de base foi calculada considerando um período de três e seis horas antecedentes aos eventos pluviométricos, sob a premissa de constância dos valores de nível d'água. Com os parâmetros devidamente ajustados e as vazões estimadas na seção do canal correspondente à estação fluviométrica, foi possível realizar a calibração e validação do modelo, cuja performance foi avaliada por meio do coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE). O Coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE) mede o desempenho do modelo comparando a variabilidade dos dados simulados com os observados, indicando o quão bem o modelo reproduz a realidade (NUNES, MORAIS, 2022; MOTTA, NUNES & MARQUES, 2024).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para uma análise crítica da elaboração do modelo hidrológico, é fundamental integrar os resultados obtidos em cada etapa, considerando as inter-relações entre os dados analisados. A subdivisão da bacia em sub-bacias, baseada no cenário atual de uso e ocupação do solo, desempenhou um papel essencial na determinação dos valores do *Curve Number* (CN), influenciando diretamente a calibração e a confiabilidade do modelo hidrológico proposto. A Tabela 1 a seguir apresenta um compilado dos parâmetros hidrológicos obtidos para cada sub-bacia, permitindo uma avaliação detalhada das suas características.

A análise da Tabela 1 revela variações significativas nos parâmetros hidrológicos das sub-bacias. Os valores de CN, que refletem a permeabilidade do solo e a proporção de escoamento superficial, variam entre 86,49 e 90,61, evidenciando diferenças na taxa de infiltração e no grau de impermeabilização da bacia, que corrobora com a constatação de que o aumento das áreas impermeáveis (asfaltadas) na bacia contribui para o aumento do escoamento superficial, também relacionada à ocupação desordenada (LOPES *et al.* 2003). O Tempo de Concentração (Tc) também apresenta oscilações relevantes, indo de 6,68 a 25,70 minutos, indicando que algumas sub-bacias possuem resposta hidrológica mais rápida a eventos de precipitação, enquanto outras apresentam um escoamento mais retardado.

Tabela 1 – Compilado de dados físicos e hidrológicos das sub-bacias do Córrego do Nado

Sub bacia	Área (km ²)	Comprimento do curso d'água principal (m)	Comprimento do curso d'água principal (km)	Declividade (m/m)	CN	IMP (%)	dh	Tc	Lag Time
1	0,73	685,81	0,69	0,02	87,96	62,56	20	9,48	5,69
2	0,5	502,44	0,50	0,02	90,61	63,64	15	6,68	4,01
3	0,86	1197,44	1,20	0,02	88,48	69,97	25	15,88	9,53
4	0,76	995,45	1,00	0,01	89,04	70,09	25	13,77	8,26
5	0,55	927,11	0,93	0,03	86,87	70,17	20	11,96	7,18
6	1,04	1504,68	1,50	0,02	86,64	65,31	20	17,37	10,42
7	1,26	1602,71	1,60	0,02	86,49	69,41	35	22,62	13,57
8	0,9	1321,56	1,32	0,01	87,12	67,13	10	12,04	7,22
9	0,84	1138,12	1,14	0,02	88,27	73,2	35	17,38	10,43
10	1,68	1303,42	1,30	0,01	83,66	60,24	30	18,18	10,91
11	3,19	2502,45	2,50	0,01	88,01	69,35	20	25,70	15,42

O *Lag Time*, estimado como 60% do Tc, segue essa mesma tendência, refletindo a variabilidade no tempo de resposta hidrológica entre as sub-bacias. Notadamente, sub-bacias com maiores valores de CN e menores Tc demonstram uma resposta mais rápida aos eventos de chuva, favorecendo picos de vazão mais intensos e um aumento no potencial de inundações (MANSOUR, 2024). Essa variabilidade reforça a importância da caracterização espacial dos parâmetros hidrológicos na modelagem, assegurando maior precisão na simulação da dinâmica da bacia e contribuindo para um planejamento mais eficiente da gestão dos recursos hídricos.

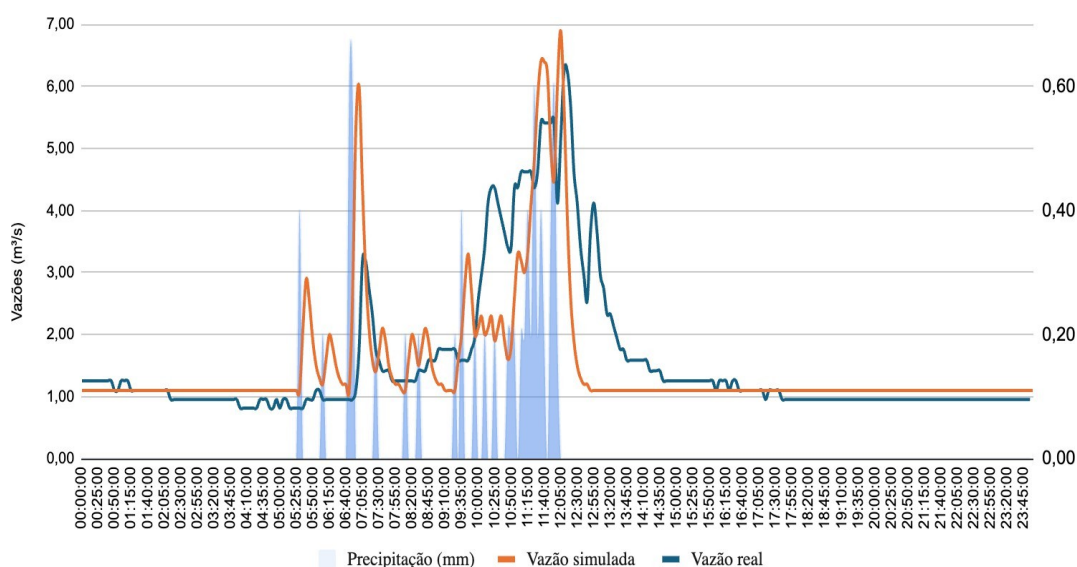
A calibração do modelo foi conduzida a partir dos dados pluviométricos do Evento 1, com o objetivo de determinar o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) que melhor representasse a resposta hidrológica observada. De acordo com Motovilov *et al.* (1999), valores de NSE superiores a 0,36 são considerados aceitáveis, enquanto valores acima de 0,75 indicam um desempenho bom ou ótimo. No entanto, neste estudo, optou-se por adotar um critério mais rigoroso, estabelecendo 0,5 como o valor mínimo aceitável para o NSE (MORIASI *et al.*, 2007). Essa decisão visa garantir maior confiabilidade nos resultados do modelo ou adequá-lo ao contexto específico da análise.

A Figura 2 apresenta o hidrograma do cenário testado, possibilitando uma avaliação visual e comparativa dos resultados obtidos. O NSE calculado foi de 0,73, evidenciando o grau de aderência entre os valores simulados e observados. Considerando que o NSE varia de $-\infty$ a 1, sendo que valores próximos de 1 indicam maior confiabilidade na modelagem, o resultado obtido reflete a

adequação do modelo na reprodução das condições hidrológicas da bacia.

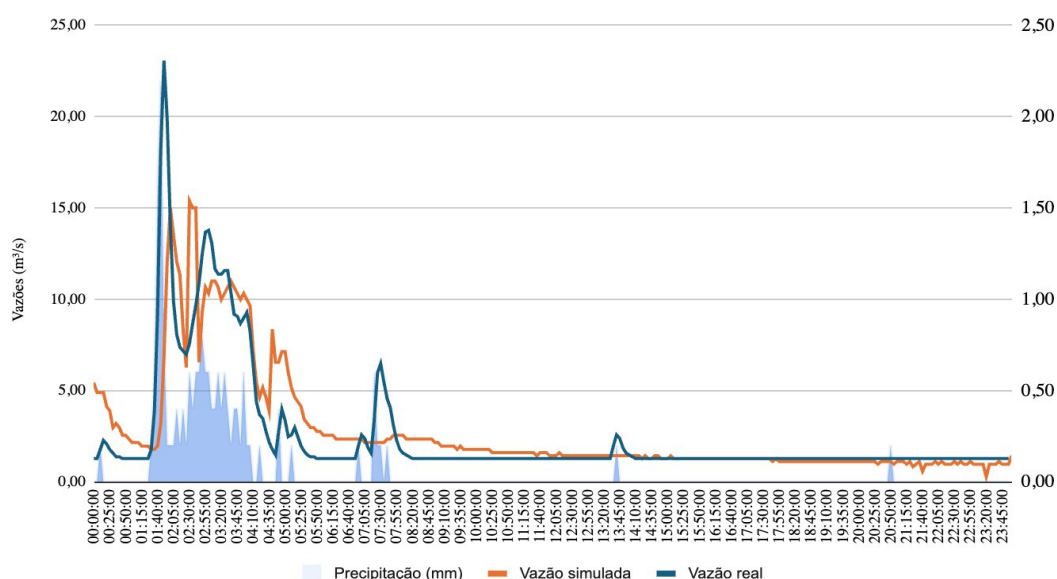
Na etapa de validação, a simulação foi realizada com base nos dados do Evento 2, caracterizado como um evento extremo, resultando em um NSE de 0,85, o que demonstra a robustez do modelo na representação da dinâmica hidrológica do sistema. A expressiva eficiência do modelo pode ser atribuída à qualidade e precisão dos dados inseridos, especialmente aqueles relacionados às características físicas do canal e aos valores de CN, obtidos a partir de fontes oficiais da Prefeitura de Belo Horizonte. Assim, os resultados indicam que o modelo apresenta desempenho satisfatório, sendo adequado para simulações hidrológicas na Bacia do Córrego do Nado.

Figura 2 - Hidrograma de Calibração - 12/11/2021



Para a etapa de validação, o hidrograma real é apresentado na Figura 3, respectivamente.

Figura 3- Hidrograma de Validação - 12/10/2024



Observa-se que o hidrograma de calibração (Figura 3) apresenta uma boa correspondência entre os valores simulados e os valores observados, especialmente nos picos de vazão, o que reforça a adequação do modelo na representação da resposta hidrológica da bacia. Apesar de pequenas discrepâncias pontuais, o NSE de 0,73 indica um desempenho satisfatório do modelo.

Já na etapa de validação (Figura 4), verifica-se que a simulação conseguiu capturar a tendência geral do evento extremo analisado, mas com algumas diferenças mais pronunciadas nos picos de vazão. O NSE de 0,85 sugere que, o modelo apresenta um ótimo desempenho, mas embora tenha representado a dinâmica hidrológica da bacia, há margens para aprimoramento, principalmente na calibração dos parâmetros para eventos de maior intensidade.

Na validação foi realizada a inserção de um evento extremo que não houve com ruptura de barragem ou impacto direto na bacia, como do dia 13/11/2024 (UOL, 2024). Mesmo outubro tendo sido o terceiro mês com médias altas de precipitação no ano de 2024 (CNN, 2024). Deste modo, optou-se por analisar apenas a precipitação do dia 12 e realizar o ajuste da vazão de simulada, com acréscimo da vazão de base ao considerar valores após o evento, apresentados na estação fluviométrica.

No geral, os resultados confirmam que o modelo possui um desempenho satisfatório para simulações hidrológicas na Bacia do Córrego do Nado, sendo adequado para estudos e aplicações futuras, desde que eventuais ajustes sejam realizados para refinar a precisão em eventos.

CONCLUSÃO

A pesquisa teve como objetivo desenvolver e validar um modelo hidrológico para a Bacia do Córrego do Nado, em Belo Horizonte, utilizando o software HEC-HMS. A calibração do modelo, realizada a partir dos dados de um evento extremo, permitiu avaliar sua capacidade de representar a resposta hidrológica da bacia. O coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) obtido na etapa de calibração foi de 0,73, indicando um nível satisfatório de aderência entre os valores simulados e observados, o que valida a coerência da modelagem aplicada.

Na etapa de validação, o modelo foi testado com os dados de um segundo evento pluviométrico, caracterizado por uma precipitação intensa. O NSE obtido nessa fase foi de 0,85, demonstrando a consistência do modelo na simulação das dinâmicas hidrológicas da bacia. A confiabilidade dos resultados reforça a precisão da modelagem aplicada, evidenciando seu potencial como ferramenta para o planejamento e a gestão da drenagem urbana na Bacia do Córrego do Nado. Dessa forma, o modelo desenvolvido pode contribuir para a estimativa e previsão dos impactos hidrológicos na região, subsidiando a tomada de decisões em ações de manejo e infraestrutura hídrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Cecília Júlia da Silva. Modelagem hidráulica e hidrológica para diagnóstico de áreas susceptíveis a inundações com limitações de dados fisiográficos e hidrometeorológicos: estudo de caso Guidoal-MG. 2017. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Núcleo de Pesquisas e Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/8869>. Acesso em: 1 jul

2025.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Aspectos Institucionais e de Financiamento dos Sistemas de Drenagem Urbana. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, p. 29-49, jan./mar. 2002. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/99b965255555a82d2c445d1170ac0b2cf8_d23a43569d48424265de6e08d464e416.pdf. Acesso em: 30 jan. 2025.

CARVALHO, E. J. L.; ZUFFO, C. Modelagem hidrológica e análise de hidrogramas de cheias máximas pelo método do SCS: estudo em bacias urbanas. Revista DAE, São Paulo, v. 69, n. 233, p. 6-19, nov. 2021. Disponível em: <https://www.revistadae.com.br/downloads/edicoes/Revista-DAE-233.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2025.

CNN BRASIL. Belo Horizonte tem 3º mês de outubro mais chuvoso em 114 anos. CNN Brasil, São Paulo, 1 out. 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/belo-horizonte-tem-3o-mes-de-outubro-mais-chuvoso-em-114-anos/>. acessada em 24 jun. 2025.

ESCARIÃO, M. M. Modelagem hidrológica aplicada à gestão de recursos hídricos. In: COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS (CBH Velhas). Cadernos de Capacitação 3: Instrumentos de gestão de recursos hídricos. Belo Horizonte: CBH Velhas, 2001. p. 45-62. Disponível em: <https://cdn.agenciapeixe vivo.org.br/arquivos/images/CBHVELHAS/arquivosgerais/CadernosDeCapacitacao3>. Acesso em: 22 mar. 2025.

IPEA. Controle de Enchentes. Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade, 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/231-controle-de-%20enchentes>. Acesso em: 30 jan. 2025.

LOPES, Frederico W. Azevedo; MACEDO, Diego Rodrigues; MEDEIROS, Isaac Henriques; UMBELINO, Glauco J. Matos; MAGALHÃES Jr, Antônio Pereira. Bacias hidrográficas como unidade de análise de processos de expansão urbana desordenada: o caso da bacia do córrego do Nado - Belo Horizonte/MG. Belo Horizonte, 2003. Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <https://zenodo.org/record/2575549>. Acesso em: 05 ago. 2025.

MANSOUR, A. L. N. Estimativa do escoamento superficial para bacias urbanas a partir da análise do histórico de uso e ocupação do solo. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024. Disponível em: <https://repositorio.uel.br/items/a70e6c9b-625f-442c-8f12-a1041c33b8db>. Acesso em: 10 fev. 2025.

MARINHO FILHO, J. D.; SILVA, R. A.; SOUZA, L. C. Aplicações de modelos hidrológicos na previsão de cenários e avaliação de impactos ambientais. Revista FAE, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 129-137, ago. 2017. Disponível em: <https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/113>. Acesso em: 22 mar. 2025.

MORIASI, D. N.; ARNOLD, J. G.; VAN LIEW, M. W.; BINGNER, R. L.; HARMEL, R. D.; VEITH, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. "Trans. ASABE", v. 50, n. 3, p. 885-900.

MOTTA, João Vitor da Silva; NUNES, Aline de Araújo; MARQUES, Yasmim Soares Fuscaldi.

Calibração e validação de um modelo hidrológico para a bacia do córrego Vilarinho, Belo Horizonte/MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS (XV, 2024, Recife), SIMPÓSIO DE REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=15973>. Acesso em: 01 ago. 2025.

MOTOVILOV, Y.G.; GOTTSCHALK, L.; ENGLAND, K.; RODHE, A. (1999). "Validation of a distributed hydrological model against spatial observations". *Agricultural and Forest Meteorology* 98-99(-), pp. 257 – 277.

NUNES, João Pedro; MORAIS, Inês; DIAS, Luís. Relatório setorial recursos hídricos. Tavira, 2022. Disponível em: <https://cm-tavira.pt/site/wp-content/uploads/2022/05/relatorio-setorial-recursos-hidricos.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2025.

PBH. CADERNO DE PROCEDIMENTOS DE PROJETO SUDECAP. [S. l.]: SUDECAP-SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA CAPITAL, 2017. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/pp-inf-cap6-hdl-04.17.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2025.

UOL, de Belo Horizonte. Chuvas causam estragos em Belo Horizonte; barragem rompeu. UOL, São Paulo, 13 nov. 2024. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2024/11/13/chuvas-causam-estragos-em-belo-horizonte.htm> acessada em 24 jun. 2025.

REIS, S.; ROCHA, S. C. Impactos Hidrometeorológicos em Belo Horizonte-MG. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 9, n. 15, p. 151-167, 2013. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/13801/7120> . Acesso em: 30 jan. 2025.

RENNÓ, C. D.; SOARES, J. V. Modelos hidrológicos para gestão ambiental. Relatório Técnico Parcial. INPE, São José dos Campos, 2003. Disponível em: <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marciana/2003/03.10.12.35/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 97-112, jun./2008.

VENEZIANI, Yuri; MANTOVANI, Juliana da Costa. Modelagem chuva-vazão na avaliação de picos de vazão em bacia hidrográfica urbana: córrego Três Pontes (1962 e 2011), região metropolitana de São Paulo (SP). *Boletim Goiano de Geografia*, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 1-17, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/52106>. Acesso em: 1 jul. 2025.