



Aplicação do modelo mensal do SMAP na bacia do rio Piauítinga localizada no Estado de Sergipe, Brasil

Application of the SMAP monthly model to the Piauítinga river basin located in the state of Sergipe, Brazil

Ronaldo Guilherme Santos Lima¹, Ana Lara Araújo Santos², Hellen Karine Sales dos Santos³, Izaias Rodrigues de Souza Neto⁴ & José Ítalo Porto Siqueira⁵

Resumo: A geração dos dados de vazão permite avaliar a capacidade de atendimento das demandas hídricas, prever cheias e estimar o potencial de aproveitamento hidráulico para geração de energia elétrica. No Brasil, as séries de dados pluviométricos, por ser de fácil mensuração, são mais extensas quando comparadas as séries de dados fluviométricos, o que viabiliza a utilização de modelos hidrológicos chamados chuva-vazão capazes de estimar as vazões a partir dos dados de precipitações. Assim, utilizando o banco de dados do *Brazil Gridded Meteorological Data (BR-DWGD)*, este trabalho objetiva gerar, calibrar e validar, através do modelo chuva-vazão mensal do SMAP, dados fluviométricos para a bacia do rio Piauítinga localizada no Estado de Sergipe, Brasil. Os parâmetros de solo considerados na validação para a região estudada, apresentaram um bom ajuste aos dados observados, obtendo Nash-Sutcliffe (NS) igual a 84% e log-Nash-Sutcliffe (NSLog) igual a 85% na calibração e Nash-Sutcliffe (NS) igual a 70% e log-Nash-Sutcliffe (NSLog) igual a 80% na validação. Portanto, como o modelo chuva-vazão utilizado apresentou um bom desempenho para bacia hidrográfica estudada, torna-se possível a utilização da série sintética gerada para preencher possíveis falhas na série histórica de vazões médias mensais.

Palavras-chave: *Chuva-vazão; Hidrologia; Modelagem.*

Abstract: The generation of flow data allows the assessment of the capacity to meet water demands, predict floods, and estimate the potential for hydraulic exploitation for electrical energy generation. In Brazil, precipitation data series, due to their ease of measurement, are more extensive compared to flow data series, enabling the use of hydrological models called rainfall-runoff models capable of estimating flows from precipitation data. Therefore, utilizing the Brazil Gridded Meteorological Data (BR-DWGD) database, this study aims to generate, calibrate, and validate flow data for the Piauítinga river basin located in the state of Sergipe, Brazil, using the monthly rainfall-runoff SMAP model. The soil parameters considered in the validation for the studied region showed a good fit to the observed data, achieving a Nash-Sutcliffe (NS) of 84% and log-Nash-Sutcliffe (NSLog) of 85% in calibration, and Nash-Sutcliffe (NS) of 70% and a log-Nash-Sutcliffe (NSLog) of 80% in validation. Therefore, since the rainfall-runoff model used exhibited good performance for the studied hydrographic basin, it becomes feasible to use the generated synthetic series to fill possible gaps in the historical series of monthly average flows.

Keywords: *Rainfall-runoff; Hydrology; Modeling.*

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 04/04/2024; aprovado em 25/10/2023.

¹ Engenheiro Civil, Universidade Federal de Sergipe, ronaldomuri424@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8885-2184>;

² Engenheiro Civil, Universidade Federal de Sergipe, analah.santos@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7396-5098>;

³ Engenheiro Civil, Universidade Federal de Sergipe, hellensaleseng@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-1372-8535>;

⁴ Engenheiro Civil, Universidade Federal de Sergipe, izaiasnetoengcivil@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7370-6990>;

⁵ Engenheiro Civil, Universidade Federal de Sergipe, siqueiraitalo98@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0712-8819>.

INTRODUÇÃO

A geração dos dados de vazão possibilita fundamentar um determinado planejamento na avaliação da garantia de atendimento das demandas hídricas, na previsão de cheias e inclusive na estimativa do potencial hidráulico na geração de energia elétrica (Tucci, 2005). Na engenharia, as estimativas desses dados fluviométricos são essenciais na gestão dos recursos hídricos, podendo ser utilizados na elaboração dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas (Debastiani *et al.*, 2019). Além de que, essas estimativas também podem ser úteis ferramentas de previsão de cenários, na avaliação de riscos e na obtenção de informações acerca dos fenômenos hidrológicos (Spruill *et al.*, 2000).

Devido, em muitos casos, à falta de dados para realizar um planejamento eficiente, principalmente, os de vazões, as técnicas de modelagem possuem uma habilidade ímpar de simplificar e compreender os processos hidroclimáticos que ocorrem nas bacias hidrográficas. Esses modelos hidrológicos são ferramentas essenciais na construção de uma gestão efetiva dos recursos hídricos, permitindo preencher janelas nas séries de dados observados a partir de dados sintéticos capazes de internalizar mudanças do sistema hídrico analisado (Hartnett *et al.*, 2007).

No Brasil, a densidade de postos pluviométricos é muito maior quando comparado à quantidade de postos fluviométricos disponíveis, além de que, muitos desses postos de medição de precipitação estão em funcionamento desde o início do século passado, o que resulta em séries históricas de precipitação mais extensas do que as séries de vazão (Souza *et al.*, 2022). Partindo da necessidade de séries de vazões maiores, os modelos hidrológicos chuva-vazão são técnicas robustas capazes de gerar dados sintéticos de vazão, a partir de dados históricos de precipitação (Almeida; Serra, 2017), podendo ser utilizados na busca de soluções adequadas que possam embasar uma possível tomada de decisão.

Assim, este trabalho tem como objetivo geral avaliar o desempenho do modelo chuva-vazão Soil Moisture Accounting Procedure (SMAP) na geração de dados fluviométricos para a bacia do rio Piauitinga, localizada no Estado de Sergipe, utilizando os dados de precipitação e evapotranspiração do banco de dados meteorológicos do Brasil conhecido por BR-DWGD. A confiabilidade e a precisão na geração de dados são essenciais na avaliação do comportamento de um determinado sistema hídrico.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os modelos hidrológicos chuva-vazão são técnicas matemáticas que calculam a vazão a partir de dados observados considerando como entrada principal a precipitação e a evapotranspiração (Collischonn; Dornelles, 2013). Esses modelos são classificados como empíricos, no qual relacionam a variável calculada e a observada, ou conceitual, que representa o comportamento físico do processo envolvido (Tucci, 2005). Alguns exemplos destes modelos são o SWB, que possibilitou o

desenvolvimento de um modelo simples de balanço hídrico considerando a variabilidade espacial dos insumos e da umidade do solo capacidade (Schaake *et al.*, 1996); SHE, como forma de modelagem de bacias distribuídas por equações de distribuição de massa e energia ou fórmulas empíricas (Abbott *et al.*, 1986a, 1986b); SWAT, para auxiliar os gestores de recursos hídricos na avaliação do abastecimento de água e da poluição de fontes difusas em bacias hidrográficas (Arnold *et al.*, 1998); HEC-HMS, projetado para simular os processos de precipitação-escoamento de sistemas dendríticos de bacias hidrográficas (Feldman, 2000); GR4J, o qual se baseia em conceitos a priori na construção de uma estrutura de modelo e enfatiza o valor de grandes amostras de captação para avaliá-los (Perrin *et al.*, 2003); MGB-IPH, a fim de realizar o cálculo do balanço hídrico do solo, evapotranspiração, propagação de fluxo dentro de uma célula e roteamento de fluxo através da rede de drenagem (Collischonn *et al.*, 2007); HBV, utilizado para previsão, estudos de projeto, mapeamento hidrológico, operação de reservatórios, análise ambiental, gestão de recursos hídricos, mudanças climáticas estudos de impacto, avaliação de risco de incêndio, entre outros (Bergström; Lindström, 2015) e o Soil Moisture Accounting Procedure - SMAP, (Lopes *et al.*, 1982) o qual será utilizado neste estudo.

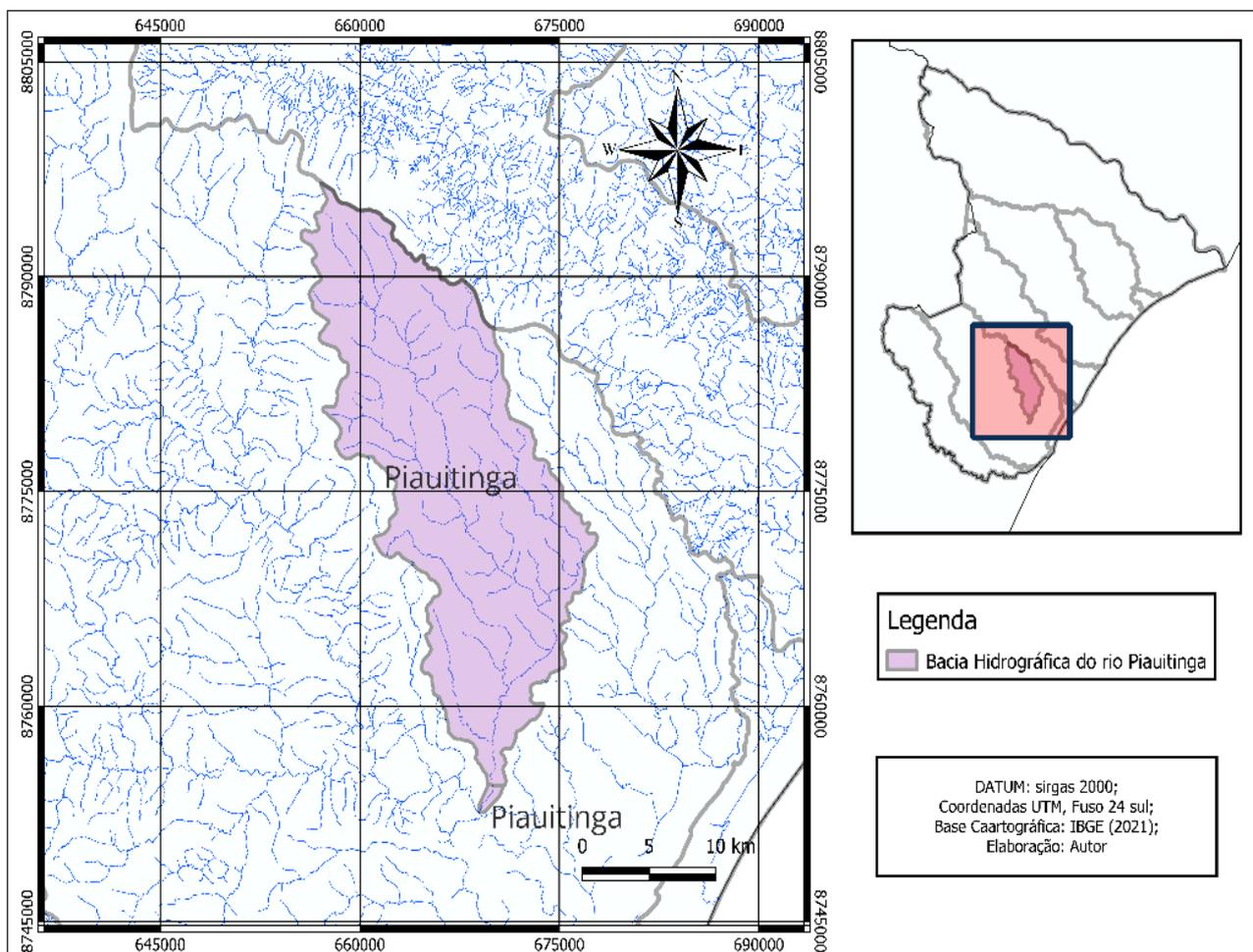
Nunes *et al.*, (2014) utilizaram o modelo SMAP para simular vazões mensais na bacia do rio Piancó, localizada no estado da Paraíba. Miranda *et al.*, (2017) demonstraram em seu estudo que ele é capaz de reproduzir as vazões médias de longo tempo da bacia à montante da usina hidrelétrica de Três Marias no rio São Francisco. Souza *et al.* (2022) descobriram em seu estudo um aumento de 67% na Q90 da série estendida com a utilização do modelo quando comparada à Q90 da série histórica para a bacia de contribuição do posto fluviométrico Santa Rosa de Lima, no rio Sergipe.

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo será aplicado na bacia hidrográfica do rio Piauitinga, situada no Estado de Sergipe, conforme a localização apresentada na Figura 1. A bacia possui uma área de 417,42 km² e seu rio principal tem comprimento de 59,11 km, o qual é afluente da margem esquerda do rio Piauí. Essa bacia hidrográfica abrange de forma parcial os municípios de Estância, Boquim, Itaporanga D'Ajuda, Lagarto e Salgado (Martins *et al.*, 2022).

FIGURA 01: Bacia do rio Piauitinga.



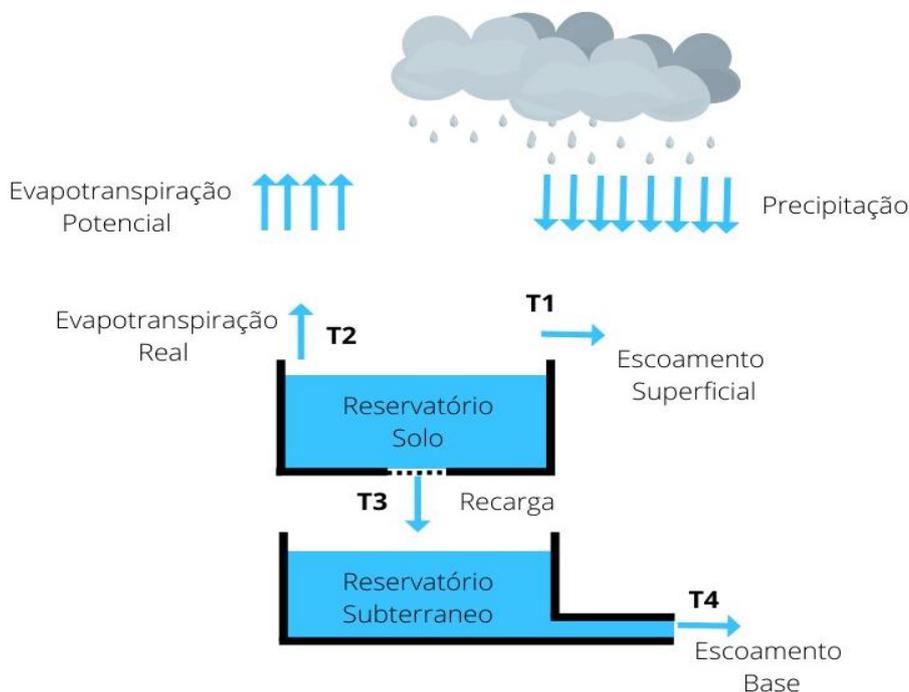
FONTE: Elaborado pelos autores (2023).

Modelo hidrológico SMAP

Desenvolvido por Lopes *et al.* (1982), o SMAP simula o ciclo hidrológico, representado por reservatórios, os quais equivalem ao armazenamento superficial, a camada superior do solo e o armazenamento subterrâneo, e tem como base o método do *Soil Conservation Service* (SCS). Neste trabalho, será utilizada a escala mensal do SMAP conforme a Figura 2.

O modelo hidrológico SMAP considera como variáveis: a precipitação, a evaporação do tanque classe A (EVA) e a vazão, na escala mensal, sendo que a última variável é utilizada apenas na etapa de calibração e validação. Os parâmetros do solo a serem encontrados na modelagem do SMAP são: capacidade de saturação do solo (Str), parâmetro de escoamento superficial (Pes), parâmetro de recarga subterrânea (Crec) e a constante de recessão do escoamento básico (Kkt).

FIGURA 02: Estrutura do SMAP na versão mensal.



FONTE: Adaptado de Lopes *et al.* (2014).

Dados de Entrada

Os dados de precipitação e evapotranspiração foram coletados no banco de dados meteorológicos BR-DWGD (Xavier *et al.*, 2016), disponibilizados em resolução espacial de 0,25° e apresenta informações do período entre os anos de 1980 a 2013. Ressalta-se ainda, que foi considerado para o cálculo da evaporação o coeficiente de tanque classe A de 0,7. Sendo assim, a EVA equivale à divisão da evapotranspiração por este coeficiente.

Os dados de vazão foram coletados no portal *HidroWeb*, da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Estão descritas na Tabela 01 as informações referentes ao posto fluviométrico utilizado neste estudo.

TABELA 01: Estação Fluviométrica utilizada no estudo.

Código	Nome	Tipo	Latitude	Longitude	Município	Operador
50230000	Estância	Fluviométrico	-11,2644	-37,4425	Estância	CPRM

FONTE: ANA (2023).

Calibração e Validação

Para calibrar o modelo hidrológico SMAP é necessário ajustar os parâmetros por meio das leituras observadas disponíveis por tentativa e erro, visto que isso demonstra a internalização da dinâmica da bacia hidrográfica a ser analisada (Fujita, 2018).

No modelo SMAP são ajustados os parâmetros de solo da bacia hidrográfica, a fim de estimar as vazões com o menor desvio possível quando comparadas com as vazões observadas. Para a escolha do período de calibração, buscou-se escolher sequências temporais compostas por anos secos, médios e úmidos, com o intuito de que o modelo se ajustasse bem a essas condições hidrológicas. Assim, os anos escolhidos para calibração foram 1983, 1984 e 1985.

Na validação, é verificado se os parâmetros calibrados mantêm o bom desempenho do modelo para um período histórico distinto do utilizado na calibração. Os anos escolhidos para essa etapa foram 2012, 2013 e 2014.

Para avaliar o desempenho do modelo foi utilizado o coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe (NS) e log-Nash-Sutcliffe (NSLog), que pode variar de $-\infty$ a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor seria o ajuste (Nash; Sutcliffe, 1970). Ainda, o NS e NSLog são calculados por:

$$NS = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_{obs}(t) - Q_{cal}(t))^2}{\sum_{t=1}^T (Q_{obs}(t) - \bar{Q}_{obs})^2} \quad [1]$$

$$NSLog = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (\log(Q_{obs}(t)) - \log(Q_{cal}(t)))^2}{\sum_{t=1}^T (\log(Q_{obs}(t)) - \overline{\log(Q_{obs})})^2} \quad [2]$$

Onde: $Q_{obs}(t)$ = Vazão observada (m^3/s); $Q_{cal}(t)$ = Vazão calculada (m^3/s); \bar{Q}_{obs} = Vazão observada média ao longo do tempo $T = 1, \dots, T$ (m^3/s).

O NS é facilmente afetado pelos valores de picos, portanto, sendo necessário ajustar o modelo com o objetivo de maximizar este coeficiente pode resultar em uma calibração ruim nos períodos em que as vazões são mais baixas. Por esse motivo, também será utilizado NSLog que é menos sensível aos picos e mais sensível aos períodos de recessão de vazão (Adam *et al.*, 2015).

Segundo Baltokoski *et al.* (2010), o coeficiente de Nash-Sutcliffe é classificado como: “muito bom” ($NS \geq 0,75$), “bom” ($0,65 < NS \leq 0,75$), “satisfatório” ($0,50 < NS \leq 0,65$) e “insatisfatório” ($NS \leq 0,50$). Ressalta-se que, essa mesma classificação foi utilizada para o NSLog.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Definido o período para calibração (1983-1985), buscou-se inicialmente os parâmetros de solo, sendo observados os valores do NS para verificar se a calibração do modelo resultava em vazões estimadas próximas às observadas. Assim, foram obtidos os parâmetros ilustrados na Tabela 02. Observa-se que no parâmetro referente a capacidade de saturação do solo, o valor foi próximo ao limite superior, o que revela a alta permeabilidade do solo da bacia.

TABELA 02: Parâmetros do modelo SMAP calibrados para a Bacia do rio Piauitinga.

Parâmetro	Valor	Unidade	Limites
Str	3000	mm	400 < Str < 5000
Pes	1,7	adimensiona l	1 < Pes < 10
Crec	15,64	%	0 < Crec < 100
Kkt	3	meses	1 < Kkt < 24

FONTE: Elaborado pelos autores (2023).

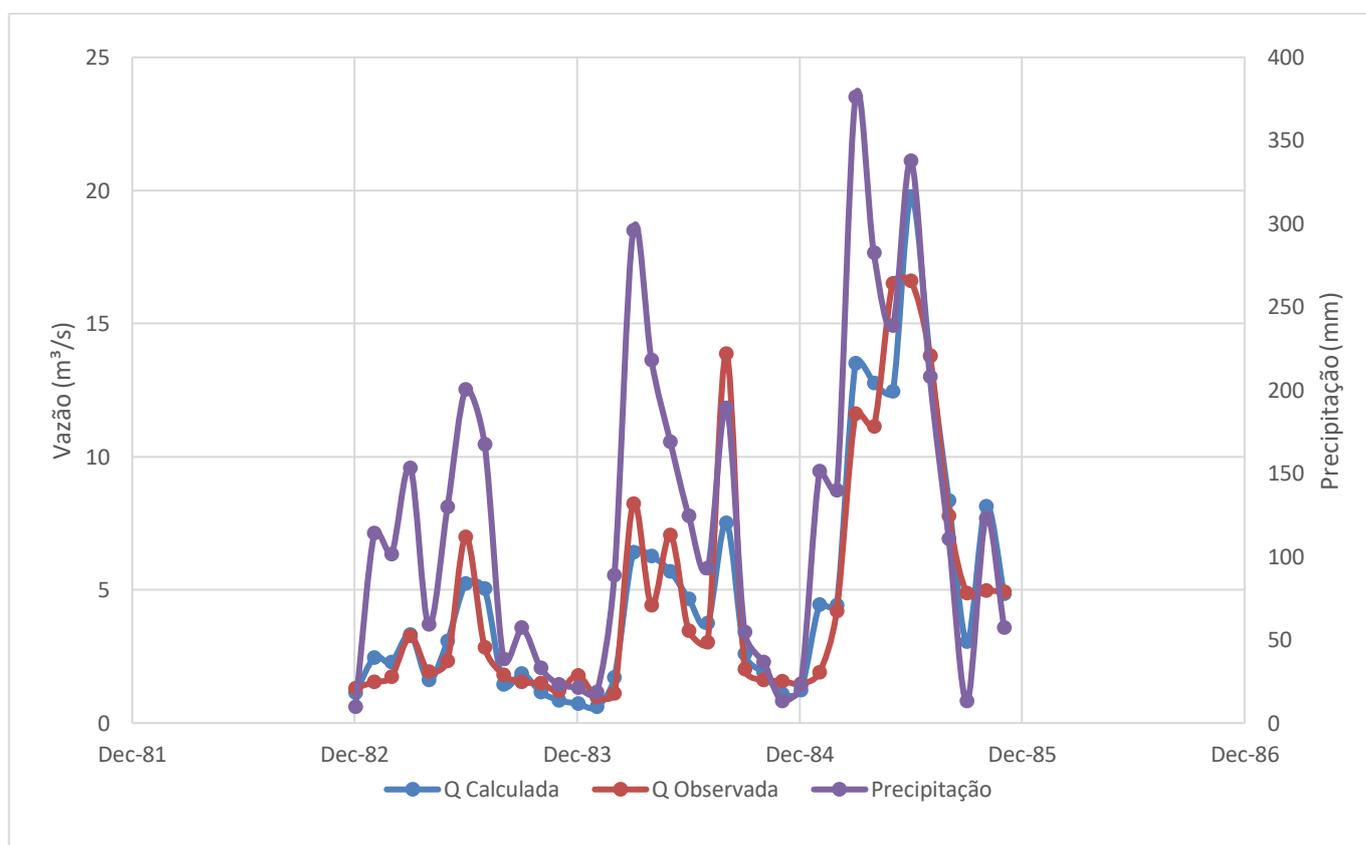
O valor de Str encontrado é esperado para bacias com solos arenosos, o qual não ocorre na bacia hidrográfica em questão, que tem predominância de solo argiloso e Cambissolo (Magalhães *et al.*, 2012), o que normalmente resulta em pequenos valores desse parâmetro. Porém, segundo Brandão (2006), solos argilosos bem estruturados podem possuir uma grande condutividade hidráulica, apresentando maior taxa de infiltração, o que justifica o Str igual a 3000 mm. Vale ressaltar que foram encontrados resultados diferentes na Bacia do Piancó-PB, cujo Str foi de 1.371, demonstrando uma baixa capacidade de saturação. Segundo Nunes *et al.* (2014), a bacia de contribuição do posto fluviométrico Santa Rosa de Lima, no rio Sergipe, o Str foi ainda mais próximo do limite inferior, 950, devido ao seu solo de pouca profundidade (Souza *et al.*, 2022).

O coeficiente de recarga do reservatório subterrâneo igual a 15,64 sendo maior que o encontrado por Miranda *et al.* (2017), na bacia à montante da Usina de Três Marias, e por Souza *et al.* (2022) para a bacia de contribuição do posto fluviométrico Santa Rosa de Lima, no rio Sergipe, que foram respectivamente de 6,0 e 4,0. Pode-se afirmar que as vazões estimadas pelo modelo são decorrentes tanto do escoamento superficial quanto do escoamento subterrâneo. Situação diferente foi descrita por Nunes *et al.* (2014), que em sua calibração para a bacia do Piancó, encontrou o Crec igual a 0 (zero), o que indica

que não há recarga a partir do reservatório do solo. Isso acontece devido à predominância de uma geologia com formações cristalinas, o que resulta em uma baixa disponibilidade de água subterrânea.

Com esses parâmetros obtidos na calibração no modelo chuva-vazão, foi gerada a série Vazão Calculada (Qcal), na qual foi comparada com a série Vazão Observada (Qobs), apresenta NS igual a 0,84 e NSLog igual a 0,85, classificado como “muito bom”, de acordo com Baltokoski *et al.* (2010). O resultado está evidenciado na Figura 3. O valor de NS encontrado aqui foi igual ao encontrado por Souza *et al.* (2022) para a bacia de contribuição do posto fluviométrico Santa Rosa de Lima, no rio Sergipe e superior ao da bacia do rio Piancó-PB, que foi de 0,73, classificado apenas como “satisfatório” (Nunes *et al.*, 2014).

FIGURA 03: Resultados obtidos para a calibração do SMAP.

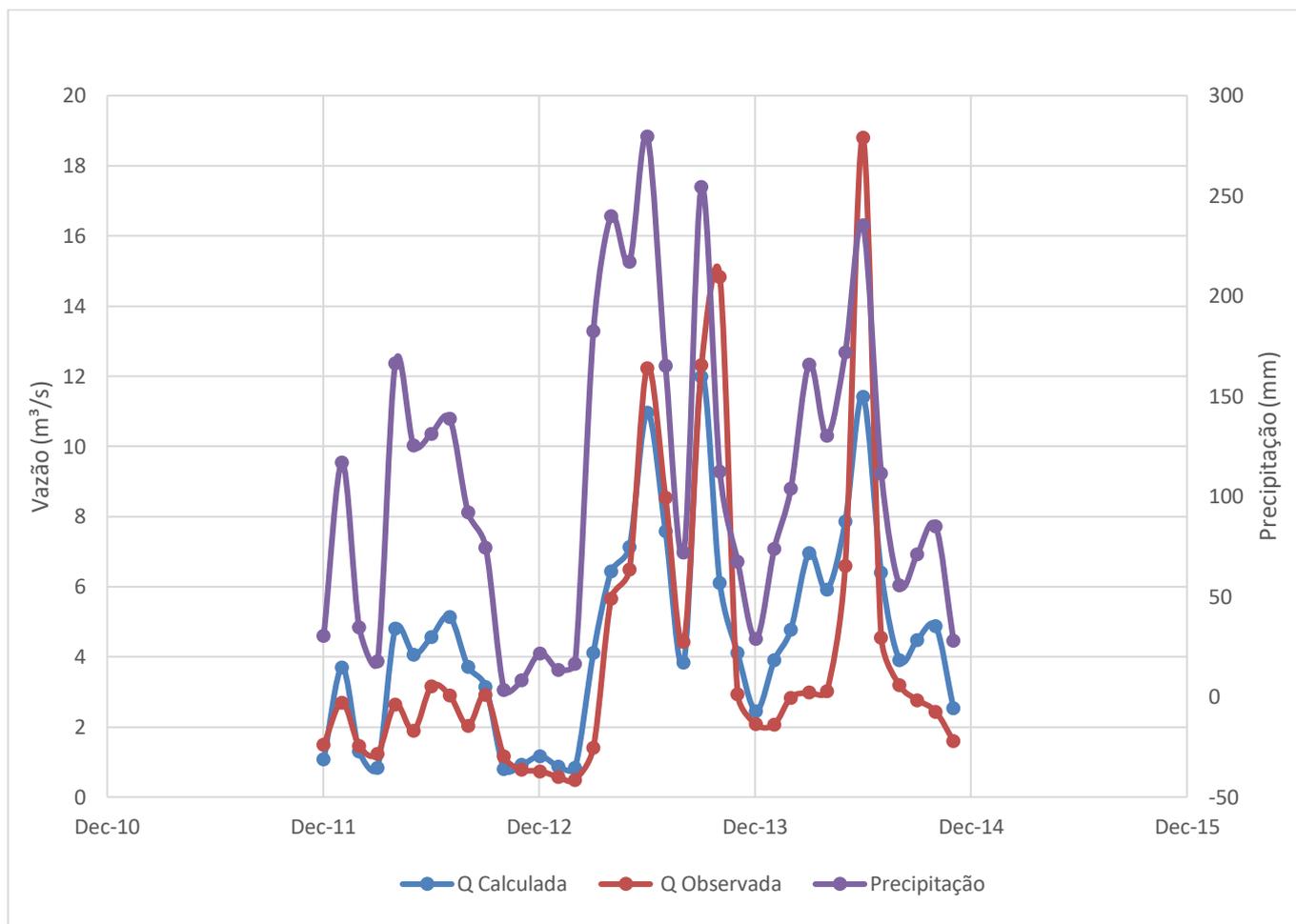


FONTE: Elaborado pelos autores (2023).

Para verificar se o modelo foi ajustado de maneira condizente, foram preservados os valores dos parâmetros encontrados na calibração e o período foi alterado para os anos de 2012, 2013 e 2014. Com essa alteração, obteve-se NS igual a 0,70, semelhante ao NS encontrado para a bacia do rio Piancó, 0,69 (Nunes *et al.*, 2014), e NSLog igual a 0,80, sendo classificados respectivamente como “bom” e “muito

bom”, de acordo com Baltokoski *et al.* (2010). Ademais, frisa-se que a diferença entre esses coeficientes pode estar ligada a sensibilidade das vazões de pico característica do NS (Figura 04).

FIGURA 04: Resultados obtidos para a validação do SMAP.



FONTE: Elaborado pelos autores (2023).

CONCLUSÕES

A aplicação da versão mensal do modelo SMAP na bacia do rio Piauitinga, localizada no Estado de Sergipe, apresentou bons resultados. Os parâmetros reproduziram bem o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica estudada nos períodos históricos utilizados para a calibração, sendo NS igual a 0,84 e NSLog igual a 0,85 e a validação NS igual a 0,70 e NSLog igual a 0,80 do modelo. Consequentemente, foram classificadas, respectivamente, quanto ao NS como “muito bom” e “bom” e quanto ao NSLog ambos foram classificados como “muito bom”. Atestado, então, o bom desempenho do modelo SMAP que possibilita a sua utilização para preenchimento das falhas na série histórica de vazões médias mensais da bacia em estudo.

REFERÊNCIAS

- [1] ABBOTT, M. B.; BATHURST, J. C.; CUNGE, J. A.; O'CONNELL, P. E.; RASMUSSEN, J. An introduction to the European Hydrological System — Systeme Hydrologique Europeen, "SHE", 1: history and philosophy of a physically-based, distributed modelling system. *Journal of Hydrology* (Amsterdam), v. 87, n.1-2, p. 45-59, 1986a. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(86\)90114-9](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(86)90114-9).
- [2] ABBOTT, M. B.; BATHURST, J. C.; CUNGE, J. A.; O'CONNELL, P. E.; RASMUSSEN, J. An introduction to the European Hydrological System — Systeme Hydrologique Europeen, "SHE", 2: structure of a physically-based, distributed modelling system. *Journal of Hydrology* (Amsterdam), v. 87, n.1-2, 1986b.
- [3] ADAM, K. N.; FAN, F. M.; PONTES, P. R. M.; BRAVO, J. M.; COLLISCHONN, W. Mudanças climáticas e vazões extremas na Bacia do Rio Paraná. *RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, RS. v. 20, n. 4, p. 999-1007, 2015.
- [4] AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Portal HidroWeb, 2023. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: 03 de junho de 2023.
- [5] ALMEIDA, L.; SERRA, J.C.V. Hydrological models, types and applications used more. *Revista da FAE*, v. 20, n. 1, p. 129-137, 2017.
- [6] ARNOLD, J. G.; SRINIVASAN, R.; MUTTIAH, R. S.; WILLIAMS, J. R. Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 34, n. 1, p. 73-89, 1998. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1752-1688.1998.tb05961.x>.
- [7] BERGSTRÖM, S.; LINDSTRÖM, G. Interpretation of runoff processes in hydrological modelling-experience from the HBV approach. *Hydrological Processes*, v. 29, n. 16, p. 3535-3545, 2015. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.10510>.
- [8] BALTOKOSKI, V.; TAVARES, M. H. F.; MACHADO, R. E.; OLIVEIRA, M. P. Calibração de modelo para simulação de vazão e fósforo total, nas sub-bacias dos Rios Conrado e Pinheiro - Rio Branco (PR). *Revista Brasileira de Ciência e Solo*. [S.l.], v. 34, n. 1, p. 253-261, 2010.
- [9] BRANDÃO, V. D. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. D. Infiltração da água no solo. *Aual ampl*. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006.
- [10] COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D.; SILVA, B. C. da; TUCCI, C. E. M. The MGB-IPH model for large-scale rainfall: runoff modelling. *Hydrological Sciences Journal*, v. 52, n. 5, p. 878-895, 2007. <http://dx.doi.org/10.1623/hysj.52.5.878>.
- [11] COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. *Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais*. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2013.
- [12] DEBASTIANI, A. B.; NETO, S. L. R.; SILVA, R. D da. Árvore modelo frente a uma rede neural artificial para a modelagem chuva-vazão. *Nativa*, v. 7, n. 5, p. 527-534, 2019.
- [13] FELDMAN, A. D. *Hydrologic modeling system HEC-HMS: technical reference manual*. USA: Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineers, 2000, 158 p.

- [14] FUJITA, T. Calibração e validação de um modelo hidrológico para a bacia hidrográfica do rio Ivaí. Londrina, 2018.
- [15] HARTNETT, M.; BERRY, A.; IRVINE, K. The use of modelling to implement the Water Framework Directive. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, v. 104, p. 11-20, 2007. <http://dx.doi.org/10.2495/RM070021>
- [16] LOPES, J. E. G.; BRAGA, B. P. F.; CONEJO, J. G. L. SMAP: A simplified hydrologic model. In: *Applied Modeling in Catchment Hydrology Water Resources Publications*, Littleton, Co. p. 167–176, 1982.
- [17] MAGALHÃES, L. T. S.; GOMES, J. B. V.; VASCO, A. N.; AGUIAR NETTO, A. O.; FERREIRA, R. A. Caracterização geo-pedológica das áreas de nascentes na bacia hidrográfica do rio Piauitinga, Sergipe, Brasil. *Ambi-Água*, v. 7, n. 1, p. 169-181, 2012. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.767>.
- [18] MARTINS, C. F. V.; BAHIA, D. S. G.; DOLL, K. M.; SILVA, D. T. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Piauitinga, SE. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 117–126, 2022. <https://doi.org/10.24221/jeap.7.2.2022.4247.117-126>.
- [19] MIRANDA, N. M., CATALDI, M.; SILVA, F. N. R da. Simulação do Regime Hidrológico da Cabeceira do Rio São Francisco a Partir da Utilização dos Modelos SMAP e RegCM. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, v. 40, n. 3, p. 328-339, 2017. http://dx.doi.org/10.11137/2017_3_328_339.
- [20] NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. River Flow Forecasting Through Conceptual Models: Part I. A Discussion of Principles. *Journal of Hydrology*, v. 10, n. 3, p. 282-290, 1970.
- [21] NUNES, F. M. S.; FARIAS, C. A. S.; MARTINS, W. A.; ALMEIDA, R. N.; LEITE, J. C. A. Modelagem hidrológica via SMAP para estimativa de vazões mensais na bacia do rio Piancó. *Revista Verde (Pombal-PB – Brasil)*, v. 9, n. 3, p 289–295, 2014.
- [22] PERRIN, C.; MICHEL, C.; ANDRÉASSIAN, V. Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation. *Journal of Hydrology (Amsterdam)*, v. 279, n. 1-4, p. 275-289, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00225-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00225-7).
- [23] SCHAAKE, J. C.; KOREN, V. I.; DUAN, Q.; MITCHELL, K.; CHEN, F. Simple water balance model for estimating runoff at different spatial and temporal scales. *Journal of Geophysical Research, D, Atmospheres*, v. 101, n. D3, p. 7461-7475, 1996. <http://dx.doi.org/10.1029/95JD02892>.
- [24] SPRUILL, C. A.; WORKMAN, S. R.; TARABA, J. L. Simulation of daily and monthly stream discharge from small watersheds using the SWAT model. *Transactions of the ASAE*, v. 43, n. 6, p. 1431-1439, 2000. <https://doi.org/10.13031/2013.3041>.
- [25] SOUZA, T. P.; LIMA, R. G. S.; MENDES, L. A. Avaliação da disponibilidade hídrica superficial do rio Sergipe com o uso de modelo chuva-vazão. XVI SRHNe - Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste e 15º SILUSBA - Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa, Caruaru, Pernambuco. *Anais eletrônicos*, 2022. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=14151>. Acesso em: 29 de setembro de 2023.

[26] TUCCI, C. E. M. Modelos hidrológicos. 2.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

[27] XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). *International Journal of Climatology*, v. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2016.