

AJUSTE DO MODELO SMAP PARA GERAÇÃO DE VAZÕES AFLUENTES AO RESERVATÓRIO DE BICO DA PEDRA

Gabriel Francisco E. S. Garcia (IC)¹, Benedito C. Silva (PQ)²

¹Universidade Federal de Itajubá. ²Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Rio Verde Grande. Modelo Chuva-vazão. Calibração de modelo. Usos da água.

Introdução

O crescimento populacional, as mudanças climáticas e os usos e ocupações dos solos afetam diretamente as disponibilidades hídricas em determinada região, dessa forma é importante que haja previsões sobre as vazões líquidas futuras nas calhas fluviais, visando otimizar os instrumentos de gestão dos recursos hídricos.

No presente trabalho, houve o enfoque em gerar as vazões afluentes ao reservatório Bico da Pedra, localizado no município de Janaúba - MG. Para isso objetivou-se a calibração do modelo hidrológico *Soil Moisture Accounting Procedure* (SMAP) no ribeirão Confisco e rio Gorutuba, ambos afluentes ao reservatório, tomando como base as séries históricas mensais dos anos de 2004 a 2015, posteriormente a averiguação do comportamento do modelo para os anos de 2015 a 2020. Houve também o ajuste para a área da bacia hidrográfica que o reservatório Bico da Pedra abrange.

O modelo SMAP é determinístico, cuja transformação se dá pela relação chuva-vazão. Podendo ser empregado na sua versão diária ou mensal, quando bem ajustada via dados consistidos possui a capacidade de oferecer informações sobre as disponibilidades hídricas futuras, propiciando dessa forma embasamentos técnicos para tomadas de decisões.

Para isso, de início utilizou-se do software QGIS visando o mapeamento dos talwegues e as delimitações das bacias hidrográficas dos postos pluviométricos contidos no ribeirão Confisco (nº 44890000) e rio Gorutuba (nº 44900000) bem como a bacia hidrográfica do Reservatório Bico da Pedra. A base de dados sobre o Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizada para essa etapa foram as disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através do *site* TopoData. Os dados referentes as precipitações e vazões presentes na região de estudo foram obtidos através do portal HidroWeb ANA, sendo os mesmos tratados posteriormente. Adotou-se o modelo mensal do SMAP, cujo período de dados recomendado para ajuste é de dois a nove anos. Dessa forma houvera duas etapas do presente estudo, a primeira sendo a de calibração dos

parâmetros, compreendida entre 2005 a 2014 em ambos os rios, e a segunda sendo a de averiguação do comportamento do modelo, compreendida entre os anos de 2015 a 2020.

Metodologia

A princípio houve a delimitação da área de estudo, a bacia hidrográfica do reservatório Bico da Pedra, desde seu barramento. Para isso utilizou-se do software QGIS 3.16.13, sendo que o Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizado como referência foi obtido através do portal TopoData, abrangendo os seguintes quadrantes: 16S435ZN e 15S435ZN. O software foi configurado para o Sistema de Referências de Coordenadas (SRC) Sirgas 2000, reconhecido pela sigla EPSG 4674.

Visando a delimitação dos limites da área de estudo, tomou-se como referência a coordenada geográfica da barragem do reservatório, sua localização foi encontrada via documentos oficiais dos órgãos reguladores e aferida com auxílio do Google Earth Pro, e então houve a delimitação da bacia hidrográfica. Para identificação dos municípios do estado de Minas Gerais utilizou-se dos Shape File sobre as malhas municipais, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Figura 1 apresenta a região de estudo.

Após a demarcação da região de estudo, através do portal HidroWeb ANA houve os levantamentos dos postos pluviométricos presentes dentro da bacia hidrográfica e ao seu redor, também houve os levantamentos dos postos pluviométricos presentes nos rios e ribeirões que desaguam no reservatório. A Tabela 1 apresenta as informações sobre todos os postos listados.

Na sequência houve a filtragem dos postos pluviométricos e pluviométricos listados anteriormente, de forma a separar aqueles que continham os dados de interesses. Ressalta-se que o levantamento foi realizado em 20/04/2022, donde alguns postos apresentavam dados indisponíveis para download.

Figura 1 – Região de estudo

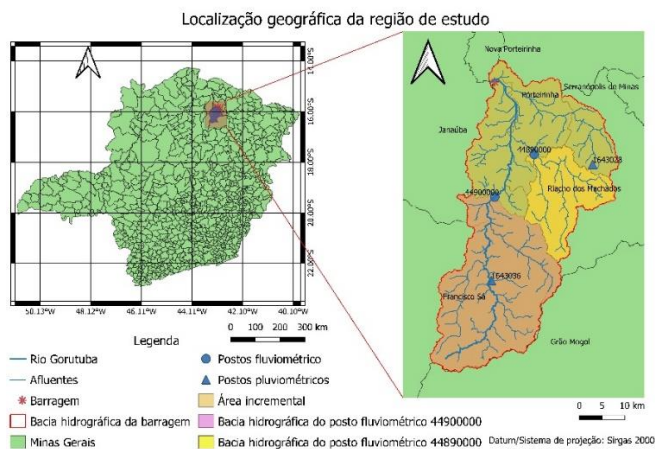


Tabela 1 – Postos pluviométricos e fluviométricos listados

Modalidade do posto	Número do posto
Pluviométrico	1643036
	1643028
	1543010
	1543013
	1543017
	1643043
Fluviométrico	44890000
	44900000

Ao final da filtragem os postos pluviométricos considerados foram os 1643028 e 1643036 enquanto que os fluviométricos selecionados foram os 44890000 (ribeirão Confisco) e 44900000 (rio Gorutuba). O posicionamento geográfico de cada posto foi inserido ao mapa (apresentado pela Figura 1). Após a inserção das respectivas localizações dos postos fluviométricos tornou-se possível a confecção do traçado das bacias hidrográficas que cada posto abrange.

As informações contidas nos arquivos referentes aos postos pluviométricos e fluviométricos foram organizadas em formato mensal, em duas etapas, a primeira entre o período de 2005 a 2014 e a segunda entre o período de 2015 a 2020. Ressalta-se que a metodologia SMAP recomenda inicializar a disposição de dados pelo mês mais seco do ano hidrológico, devido aos valores mínimos de umidade de solo e vazão básica.

Neste estudo considerou-se os valores da evapotranspiração potencial, apresentados pela Normal Climatológica, disponibilizadas no portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Considerou-se os dados do posto denominado como Janaúba, entretanto o mês de maio apresentava-se falhado, para isso adotou-se o valor correspondente apresentado pelo posto de Salinas, pois o mesmo está mais próximo a área de estudo. Na

posse desses dados tornou-se possível realizar o ajuste dos parâmetros para a bacia dos postos fluviométricos presentes no rio Gorutuba e ribeirão Confisco, o período de calibração foi entre os anos de 2004 a 2015. Os parâmetros de calibração foram “sat” (capacidade de saturação do solo, mm), “pes” (parâmetro de escoamento superficial, ad.) e “crec” (coeficiente de recarga, ad.). Após o ajuste dos parâmetros os dados sobre precipitações e vazões observadas foram substituídos por aqueles coletados entre os anos de 2015 a 2020, de forma à analisar o comportamento do modelo ajustado.

Para os ajustes dos parâmetros utilizou-se da ferramenta Solver, presente no software Excel. Visando analisar o comportamento do modelo para o reservatório Bico da Pedra, adotou-se os seguintes critérios: a média das chuvas acumuladas pelos dois postos pluviométricos foi adotada como sendo a chuva que precipitou sobre a bacia hidrográfica do reservatório, enquanto que a soma das vazões médias mensais lidas nos postos fluviométricos fora adotada como sendo a vazão média afluente ao reservatório.

As vazões geradas pelo modelo SMAP através do volume precipitado, é função direta da área de drenagem, para efeitos de comparações houve a consideração de duas áreas, a primeira área considerada foi adotada como sendo a soma das áreas de drenagem dos postos fluviométricos já citados, e a segunda área considerou-se à área de drenagem do reservatório.

Para a comparação entre as vazões resultantes entre o presente modelo e as geradas pelo modelo hidrológico WEAP, fez-se uso dos resultados advindos da pesquisa realizada por Matheus e Silva (2022).

Resultados e discussão

Utilizando-se do software QGIS 3.16.13 tornou-se possível a confecção do mapa base para o estudo, conforme mostrado na Figura 1, as áreas de cada bacia hidrográfica considerada foram calculadas pelo programa, valores apresentados pela Tabela 2.

Tabela 2 – Áreas das bacias hidrográficas

Bacia hidrográfica	Área (km ²)
Posto 44900000	735
Posto 44890000	276
Bico da Pedra	1629,42

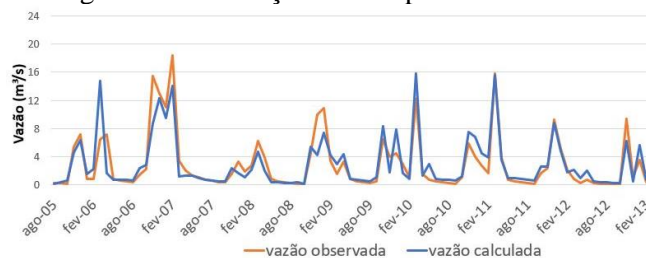
Como já mencionado, os anos entre 2005 a 2014 foram utilizados como período de calibração, dessa forma a Tabela 3 apresenta os devidos valores ajustados para cada parâmetro dos postos fluviométricos, através da ferramenta “Solver” contida no software Excel.

Tabela 3 – Parâmetros ajustados

SMAP posto fluviométrico 44890000	
Sat (mm)	2836
Pes	3,549
Crec	0,999
SMAP posto fluviométrico 44900000	
Sat (mm)	2634,01
Pes	3,515
Crec	1,975

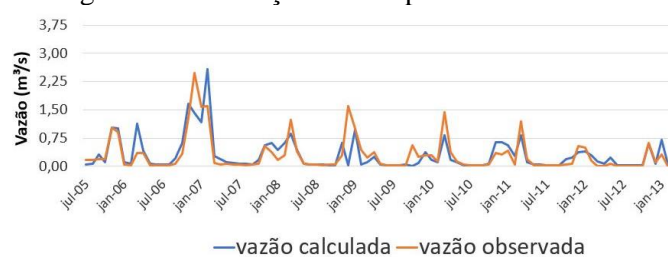
Os erros relativos para a calibração do modelo no posto 44900000, levando em consideração o desvio padrão e a média das vazões calculadas e observadas ficaram em -7% e 1% respectivamente. A Figura 2 apresenta graficamente tal comportamento.

Figura 2 – Calibração SMAP posto nº 44900000



Enquanto que os erros relativos para a calibração do modelo no posto 44890000, levando em consideração o desvio padrão e a média das vazões calculadas e observadas ficaram em -7% e 0% respectivamente. A Figura 3 apresenta graficamente tal comportamento.

Figura 3 – Calibração SMAP posto nº 44890000



Após os ajustes dos parâmetros, utilizou-se o período de 2015 a 2020 para averiguação dos modelos. No posto 44900000 os erros relativos considerando o desvio padrão e a média das vazões calculadas e observadas ficaram em -37% e -33% respectivamente. A Figura 4 apresenta graficamente esse resultado.

Utilizando o mesmo período de tempo, para o posto 44890000 os erros relativos considerando o desvio padrão e a média das vazões calculadas e observadas ficaram em 99% e 118% respectivamente.

Figura 4 – Averiguação SMAP posto nº 44900000

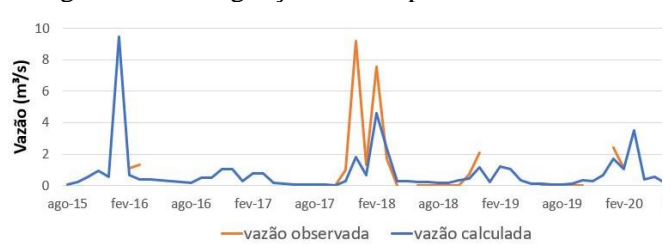
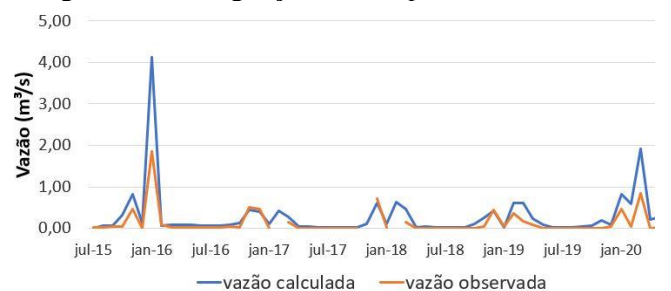


Figura 5 – Averiguação SMAP posto nº 44890000



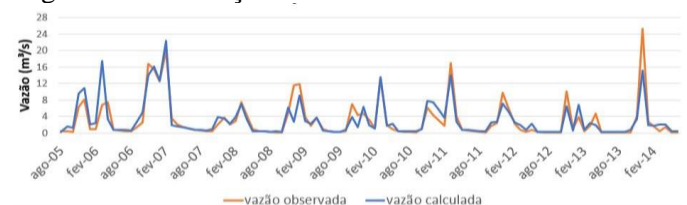
Após as calibrações do modelo SMAP e sua averiguação para ambas bacias hidrográficas dos postos fluviométricos, deu-se o estudo de sua calibração para o reservatório Bico da Pedra, no período de 2004 a 2015. O parâmetro “Sat” foi adotado como sendo a média ponderada dos valores apresentados pela Tabela 3, enquanto os demais parâmetros foram reajustados.

Tabela 4 – Parâmetros ajustado para o reservatório

SMAP Bico da Pedra	
Sat (mm)	2689,15
Pes	3,744
Crec	1,134

Os erros relativos contidos nessa calibração considerando o desvio padrão e a média das vazões calculadas e observadas ficaram em 0% e 4% respectivamente. A Figura 6 apresenta o resultado.

Figura 6 – Calibração SMAP reservatório Bico da Pedra



Houve também a calibração do modelo considerando apenas as áreas de drenagens abrangidas pelos dois postos fluviométricos, a Tabela 5 apresenta as informações sobre os parâmetros ajustados.

Tabela 5 – Parâmetros ajustado considerando as áreas dos dois postos fluviométricos

SMAP ajustado	
Sat (mm)	1792,23
Pes	3,102
Crec	2,581

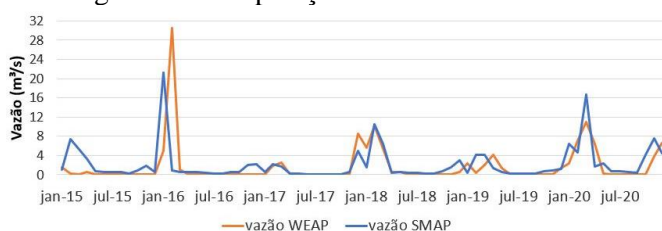
Os erros relativos contidos nessa calibração considerando o desvio padrão e a média das vazões calculadas e observadas ficaram em -6% e -5% respectivamente. A Figura 7 apresenta o resultado.

Figura 7 – Ajuste SMAP para a área dos dois postos fluviométricos



Através dos parâmetros apresentados pela Tabela 5 e considerando a área de drenagem do reservatório Bico da Pedra, houve a comparação com as vazões estimadas através do modelo WEAP, considerando o período entre 2015 a 2020. Essas vazões foram obtidas através do trabalho realizado por Matheus e Silva (2022). Os erros relativos contidos nessa calibração considerando o desvio padrão e a média das vazões calculadas via SMAP e WEAP ficaram em -16% e 24% respectivamente. A Figura 8 demonstra os comportamentos dos ajustes.

Figura 8 – Comparação entre SMAP e WEAP



Conclusões

A partir da presente pesquisa é notório que o modelo SMAP ajustou-se de forma confiável para as bacias hidrográficas que postos fluviométricos drenam, no período de calibração. Enquanto que para o período de averiguação os erros relativos envolvidos apresentaram-se altos devido as falhas dos postos pluviométricos, sendo o SMAP constituído da relação chuva-vazão, as falhas contidas nas leituras de precipitações geram defasagem nas vazões.

O ajuste do presente modelo considerando a bacia hidrográfica do reservatório Bico da Pedra, adotando o parâmetro “Sat” como sendo a média ponderada dos ajustes resultantes dos postos fluviométricos também apresentou boa confiabilidade em seu período de calibração, enquanto que para o período de averiguação dados de precipitações e vazões apresentavam-se com um alto quantitativo de falhas em suas séries históricas, impossibilitando dessa forma a modelagem.

Por fim as vazões geradas entre os modelos SMAP e WEAP resultaram em diferenças volumétricas, tais diferenças devem-se ao algoritmo utilizado por cada metodologia. Além do fato de que as vazões líquidas geradas nas calhas fluviais são advindas de complexas combinações físicas do terreno e atmosfera local, por vezes os algoritmos não conseguem englobar em seus códigos essas variáveis.

Agradecimento

Os autores agradecem à FAPEMIG e à UNIFEI pela concessão da bolsa de Iniciação Científica do primeiro autor, e à CAPES pelo financiamento do projeto Incorporação de Previsões Climáticas e Hidrológicas na Gestão da Alocação de Água no Rio São Francisco (Edital Pró-Recursos Hídricos).

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS e SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **HIDROWEB**.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL (INMET). **Normais Climatológicas (1991 – 2020)**. Brasília – DF, 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **TopoData: banco de dados geomorfométricos do Brasil**.

LOPES, João Eduardo G. **Modelo SMAP**. 1999

MATHEUS, Alisson. SILVA, Benedito C. Estimativa de vazão afluente ao reservatório Bico da Pedra (MG) a partir do balanço hídrico e utilizando o modelo WEAP. XXIV ENCOB, 2022, Porto Alegre.