

IV SEMINÁRIO DA
REDE AGROHIDRO

Água e Agricultura:

*incertezas e
desafios para a
sustentabilidade
frente às
mudanças do
clima e do uso
da terra*

ANAIS

*Lineu Neiva Rodrigues
Maria Fernanda Moura
Raimundo Cosme de Oliveira Junior*
Editores Técnicos

Embrapa



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**IV Seminário da
Rede Agrohidro**

Água e Agricultura:

***incertezas e
desafios para a
sustentabilidade
frente às
mudanças do
clima e do uso
da terra***

ANAIS

*Lineu Neiva Rodrigues
Maria Fernanda Moura
Raimundo Cosme de Oliveira Junior*
Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2016



Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rodovia Brasília/Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970 Planaltina, DF
Fone (61) 3388-9898 – Fax (61) 3388-9879
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição

Embrapa Cerrados

Comitê de Publicações

Presidente: *Marcelo Ayres Carvalho*

Secretária executiva: *Marina de Fátima Vilela*

Membros

Alessandra S. Gelape Faleiro

Cícero Donizete Pereira

Gustavo José Braga

João de Deus Gomes dos S. Júnior

Jussara Flores de Oliveira Arbues

Maria Edilva Nogueira

Sebastião Pedro da Silva Neto

Shirley da Luz Soares Araújo

Sonia Maria Costa Celestino

Supervisão editorial

Jussara Flores de Oliveira Arbues

Revisão de texto

Jussara Flores de Oliveira Arbues

Normalização bibliográfica

Fábio Lima Cordeiro

Shirley da Luz Soares Araújo

Projeto gráfico e diagramação

Leila Sandra Gomes Alencar

Capa

Fabiano Bastos

Ilustração da capa

Fabiano Bastos

1ª edição

1 CD-ROM (2016): 100 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

S471a Seminário da Rede Agrohidro (4.: 2016: Brasília, DF).

Água e agricultura: incertezas e desafios para a sustentabilidade frente às mudanças do clima e do uso da terra: anais do IV Seminário da Rede Agrohidro, Brasília, DF, 17- 20 de outubro de 2016 [recurso eletrônico] / Lineu Neiva Rodrigues, Maria Fernanda Moura, Raimundo Cosme de Oliveira Junior, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2016.

1 CD-ROM (281 p.) : il. color.; 4 ¾ pol.

ISBN 978-85-7035-632-1

1. Recursos hídricos. 2. Irrigação. 3. Agricultura - Brasil. 4. Seminário.
I. Rodrigues, Lineu Neiva. II. Moura, Maria Fernanda. III. Oliveira Junior, Raimundo Cosme de. IV. Rede Agrohidro. V. Título. VI. Embrapa Cerrados.

CDD 21 ed. - 631.70981

© Embrapa 2016

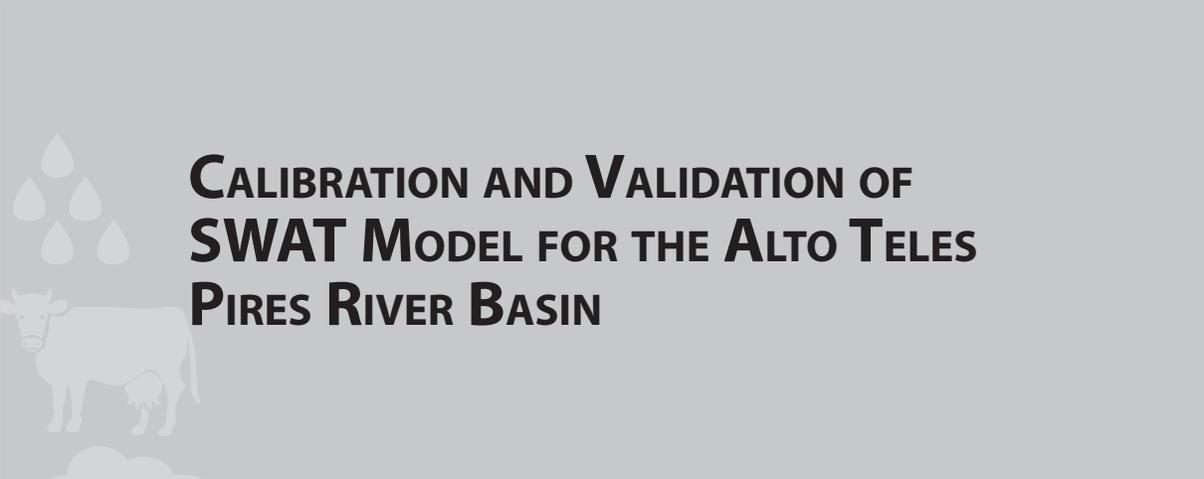
CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO SWAT APLICADO A UMA SUB-BACIA DO RIO TELES PIRES

**TARCIO ROCHA LOPES; CORNÉLIO ALBERTO ZOLIN;
RAFAEL MINGOTI; RIENE FILGUEIRAS DE OLIVEIRA**

RESUMO

A modelagem hidrológica é uma ferramenta muito importante, além de representar os processos do ciclo hidrológico é de grande valia para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Foi utilizado o modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT) com objetivo de avaliar seu desempenho para simulação do escoamento superficial no exutório da bacia hidrográfica do Alto Teles Pires. Foi realizada a calibração e validação para nível mensal de escoamento superficial e verificado seu desempenho de acordo com parâmetro estatístico Nash-Sutcliffe (NS). Com base nos valores do coeficiente de Nash-Sutcliffe o modelo SWAT foi capaz de simular o comportamento hidrológico de forma adequada no exutório da bacia hidrográfica do Alto Teles Pires.

Termos para indexação: vazão, bacia hidrografica, modelagem.



CALIBRATION AND VALIDATION OF SWAT MODEL FOR THE ALTO TELES PIRES RIVER BASIN

ABSTRACT



Hydrological modeling is a very important tool, and represents the processes of the hydrological cycle that is of great value for managing water resources. We used Soil and Water Assessment Tool (SWAT) and assessed its performance for simulation water discharge in the Alto Teles Pires river basin. Calibration and validation was performed for monthly level and the SWAT performance was verified according to Nash-Sutcliffe (NS) statistical parameter. Based on the values of Nash-Sutcliffe coefficient SWAT model was able to simulate, appropriately, the hydrologic behavior of Alto Teles Pires basin.

Index terms: flow, watershed, modeling.

INTRODUÇÃO

A modelagem hidrológica consiste em representar os processos do ciclo hidrológico (tais como infiltração, escoamento superficial, vazão e evapotranspiração) por meio de equações matemáticas de tal forma que seja possível prever a resposta hidrológica de uma bacia sob condições adversas (TUCCI, 2009; COE et al., 2009).

Dentre os modelos utilizados na simulação hidrológica, o Soil and Water Assessment Tool (SWAT) é um dos mais empregados mundialmente, devido a sua estrutura e capacidade de representação adequada dos fenômenos físicos durante o ciclo hidrológico e da capacidade de permitir que variados processos sejam simulados em uma bacia hidrográfica (ARNOLD et al., 1998). Embora com ampla aplicação pelo globo, trabalhos com o modelo SWAT para as condições climáticas e de dados limitados da região de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado são praticamente inexistentes.

Com isso, objetiva-se com este trabalho aplicar e avaliar o desempenho do modelo hidrológico SWAT para quantificar a vazão na bacia hidrográfica do Alto Teles Pires e subsidiar a tomada de decisão quanto ao uso sustentável dos recursos hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na bacia hidrográfica do Alto Teles Pires, que possui uma área de aproximadamente 37.444 km² e se estende desde suas nascentes até a foz do Rio Verde, correndo sobre a Chapada dos Parecis (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2009).

Os dados meteorológicos de entrada utilizados no SWAT foram os dados diários de precipitação dos anos de 1991 a 2011 de cinco estações pluviométricas (Tabela 1) obtidos por meio do Sistema de Informação Hidrológica (Hidroweb).

Tabela 1. Estações pluviométricas utilizadas para a obtenção de séries históricas da bacia hidrográfica do Alto Teles Pires.

Código	Estação	Latitude	Longitude
01454000	Paranatinga	-14°25'04"	-54°02'58"
01355001	Porto Roncador	-13°33'23"	-55°19'54"
01255001	Teles Pires	-12°40'30"	-55°47'35"
01155000	Cachoeirão	-11°39'04"	-55°42'09"
01356002	Nova Mutum	-13°48'56"	-56°07'20"

Fonte: Agência Nacional de Águas (2016).

Entre as variáveis físicas exigidas pelo SWAT, estão relevo, pedologia e uso e cobertura da terra. Nesse trabalho foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) (Figura 1A) do sensor orbital Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) com resolução espacial de 30 m, disponibilizados pelo United States Geological Survey (USGS) (UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY, 2016).

O mapa de uso e cobertura da terra (Figura 1B) foi elaborado para a área de estudo. Para isso, foram utilizadas imagens do ano de 2014 do satélite TM-Landsat-8 e feita a posterior classificação supervisionada por meio do software ENVI 5.0.

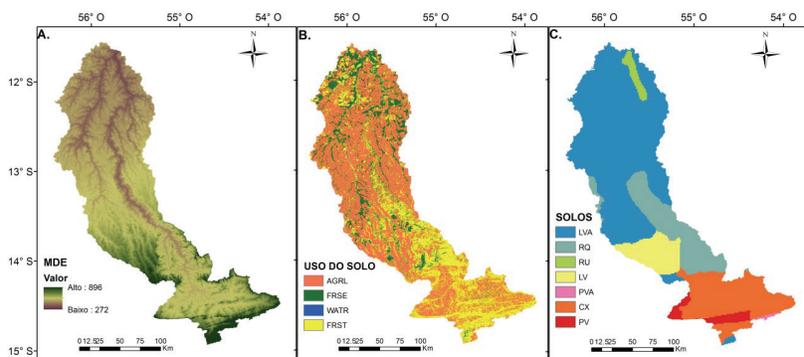


Figura 1. Mapas do modelo digital de elevação (A), uso e cobertura da terra (B) e solos (C) da bacia hidrográfica do Alto Teles Pires para inserção no SWAT.

O mapa pedológico (Figura 1C) utilizado foi o elaborado por Santos et al. (2011), no qual a distribuição espacial percentual das classes de solos encontrada para a área de estudo foi de: Cambissolo (CX) 18,25%, Latossolo Vermelho (LV) 7,32%, Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) 55,39%, Argissolo Vermelho (PV) 2,65%, Argissolo Vermelho Amarelo (PVA) 0,28%, Neossolo Quartzarênico (RQ) 14,38% e Neossolo Flúvico (RU) 1,76%.

Para avaliar o desempenho do modelo SWAT foi utilizado o coeficiente de eficiência de Nash e Sutcliffe (NS).

$$i=1n \frac{Q_m - Q_s}{Q_m}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_m - Q_s}{Q_m} \right)^2 \quad (1)$$

Em que Q_m é vazão observada no dia i ($m^3 s^{-1}$); Q_s é vazão simulada no dia i ($m^3 s^{-1}$); Q_m é vazão média observada ($m^3 s^{-1}$); Q_s é vazão média dos dados simulados ($m^3 s^{-1}$) e n é número de eventos.

Moriasi et al. (2007) apresentam uma classificação da faixa de valores NS e a respectiva avaliação do desempenho do modelo SWAT para a escala mensal, que são: $0,75 < NS$ o modelo é considerado muito bom; $0,65 < NS \leq 0,75$ o modelo é considerado bom; $0,50 < NS \leq 0,65$ o modelo é considerado satisfatório e $NS \leq 0,5$ é considerado insatisfatório.

Com o objetivo de confrontar com os dados simulados pelo modelo, foi utilizada a estação fluviométrica denominada Cachoeirão com dados de vazão disponibilizados pela Hidroweb.

Neste trabalho foi utilizado um período de aquecimento de cinco anos (1991 a 1995), um período de calibração de dez anos (1996 a 2006) e cinco anos utilizados para validação (2007 a 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O hidrograma para o nível mensal dos valores observados e simulados pelo modelo SWAT, nas fases de calibração e validação (Figura 2), indicam algumas discrepâncias em diferentes períodos no hidrograma.

Analisando visualmente, o modelo fornece uma boa simulação da tendência da produção de água.

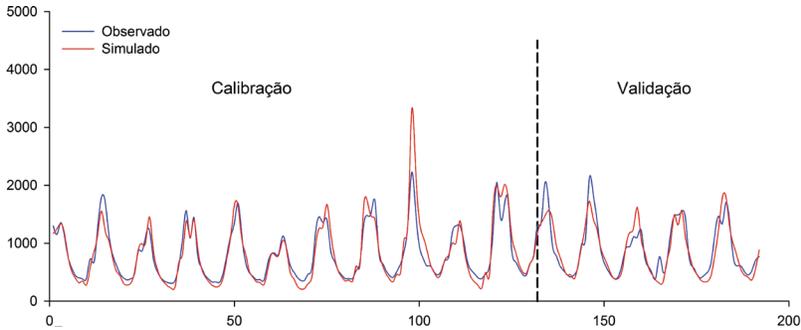


Figura 2. Hidrograma de dados observados e simulados das vazões mensais no período de calibração e validação para a estação Cachoeirão.

Os valores do coeficiente Nash-Sutcliffe, o qual retrata a performance do modelo, sobretudo na estimativa de vazões de pico, foram as seguintes para as vazões mensais, 0.82 e 0.80, respectivamente para o período de calibração e validação, que de acordo com a classificação de Morsiari et al. (2007) o desempenho do modelo aplicado a bacia hidrográfica do Alto Teles Pires é considerado muito bom. Salienta-se que é comum o índice estatístico de Nash-Sutcliffe no período de validação ser menor do que os índices para o período de calibração, conforme observam Fukunaga et al. (2015), Lelis et al. (2012), Monteiro et al. (2015), Neto et al. (2014) e Strauch et al. (2012).

CONCLUSÕES

Com base nos parâmetros estatísticos, pode-se inferir que o modelo SWAT foi capaz de simular a vazão de forma adequada, uma vez que houve um ajuste muito bom entre as vazões observadas e simuladas para as vazões mensais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Hidroweb**: sistemas de informações hidrológicas. [Brasília, DF], 2016. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

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, p. 73-89, 1998.

COE, M. T.; COSTA, M. H.; SOARES FILHO, B. S. The influence of historical and potential future deforestation on the stream flow of the Amazon river: land surface processes and atmospheric feedbacks. **Journal of Hydrology**, n. 369, p. 165-174, 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Avaliação ambiental integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires**. Brasília, DF: EPE/CONCREMAT, 2009.

FUKUNAGA, D. C.; CECÍLIO, R. A.; ZANETTI, S. S.; OLIVEIRA, L. T.; CAIADO, M. A. C. Application of the SWAT hydrologic model to a tropical watershed at Brazil. **Catena**, v. 125, p. 206-213, 2015.

LELIS, T. A.; CALIJURI, M. L.; FONSECA SANTIAGO, A. da; LIMA, D. C. de; OLIVEIRA ROCHA, E. de. Análise de sensibilidade e calibração do modelo SWAT aplicado em bacia hidrográfica da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 2, p. 623-634, 2012.

MONTEIRO, J. A.; STRAUCH, M.; SRINIVASAN, R.; ABBASPOUR, K.; GÜCKER, B. Accuracy of grid precipitation data for Brazil: application in river discharge modelling of the Tocantins catchment. **Hydrological Processes**, v. 30, n. 9, p. 1419-1430, 2015.

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

NETO, J. de O. M.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. Simulação Hidrológica Escalar com o Modelo SWAT. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p. 177-188, 2014.

SANTOS, H.; JÚNIOR, W. C.; DART, R. O.; ÁGLIO, M. L. D.; SOUZA, J.; PARES, J. G.; OLIVEIRA, A. P. **O novo mapa de solos do Brasil**: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2011. 67 p. 1 mapa, color. Escala 1:5.000.000. (Embrapa Solos. Documentos, 130).

STRAUCH, M.; BERNHOFER, C.; KOIDE, S.; VOLK, M.; LORZ, C.; MAKESCHIN, F. Using precipitation data ensemble for uncertainty analysis in SWAT streamflow simulation. **Journal of Hydrology**, v. 414, p. 413-424, 2012.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Global Data Explorer**. 2016. Disponível em: <<http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009, 943 p.