

APLICABILIDADE DO MODELO SWAT NA SIMULAÇÃO DE VAZÃO E PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM BACIA DO BIOMA CERRADO: o caso da bacia do Rio das Almas, Goiás

*Vanine Elane Menezes de Farias¹; Cláudia Adriana Bueno de Fonseca²; Richarde Marques da Silva³
& José Yure Gomes dos Santos⁴*

ABSTRACT – This paper aims to estimate the sediment yield in the Almas river basin, located in the Cerrado biome, Goiás State, Brazil. In order to predict the sediment yield and streamflow, the SWAT (Soil and Water Assessment Tool) model, linked to Geographical Information Systems (GIS) techniques were used. In this study, maps of land use and occupation, soil types, digital elevation model and observed data were used. The calibration period was from 1968 to 1994 for Jaraguá streamflow gauge. The calibration period was from 1974 to 1988 for Colonia dos Americanos streamflow gauge. The results showed that the observed and calculated flows were 13.01 m³/s and 2.82 m³/s, respectively. The calibration performance values were considered very good ($R^2 = 0.90$ and $NS = 0.87$), showing a good fit between the observed and estimated data. From the results obtained through performance evaluation of the application of the SWAT model it could be inferred that the empirical models can be applied in the other parts of Goiás State for basin management.

Palavras-Chave – Modelo SWAT, bioma caatinga, Rio Piancó.

1 - INTRODUÇÃO

A água é um bem de consumo natural finito que, devido ao mau uso e gerenciamento vem se tornando um bem escasso, gerando conflito entre diferentes usuários. É necessário estabelecer políticas adequadas de uso da terra e dos recursos naturais devido ao aumento gradativo da escassez de água e da degradação das bacias hidrográficas (Oliveira, 2014). Para isso, é importante a realização de estudos hidrológicos nas bacias hidrográficas, de forma a entender o funcionamento de seus processos hidrológicos em seu balanço hídrico e os impactos que o crescimento populacional, degradação do meio ambiente e uso inadequado do solo podem causar na produção de água e sedimentos.

¹) Bolsista de Iniciação Científica do CNPq, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/CT/UFPB, vaninemenezesf@gmail.com

²) Doutorado em Geografia, Programa de Pós-Graduação em geografia/CCEN/UFPB, clabf2004@yahoo.com.br

³) Professor Adjunto, Departamento de Geociências/CCEN/UFPB, richarde@geociencias.ufpb.br

⁴) Professor Adjunto, Universidade Federal do Oeste da Bahia, Laboratório de Geoprocessamento (LABGEO), joseyure@gmail.com

O bioma cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, com aproximadamente 24% do território nacional. Suas águas vertem para oito das doze regiões hidrográficas brasileiras (Lima, 2011). Segundo PERH-Goiás (2015), apesar da abundância, os recursos hídricos estão distribuídos desuniformemente. Atualmente, o Estado de Goiás tem a agricultura como uma de suas maiores práticas de uso do solo e, dessa forma, torna-se de fundamental importância o conhecimento dos usos de recursos hídricos e sua distribuição, pois ajudam a orientar a natureza e a escala de aplicação de instrumentos de gestão de recursos hídricos. A segunda maior demanda de água é para o setor industrial, com cerca de 11% da demanda total do estado, com grande parte direcionada à agroindústria e seu setor sucroalcooleiro, o que trabalha em uma complexa relação entre o uso do solo e das demandas de recursos hídricos.

Castro (2013) afirma que para uma gestão adequada dos recursos hídricos é imprescindível à utilização de bases de dados confiáveis. Contudo, para muitas regiões do Brasil, dados climatológicos, de precipitação e de vazão ainda são insuficientes ou não existem. Dessa forma, uma alternativa para estimar o comportamento de uma bacia hidrográfica é utilizando de modelos matemáticos para auxiliar no estudo hidrológico, como é o caso da bacia hidrográfica do rio das Almas que não apresenta dados atualizados de precipitação e vazão para domínio público.

De acordo com Castro (2013), os modelos distribuídos, agregados a modelos digitais de terreno e ao geoprocessamento, têm buscado melhorar a representatividade temporal e espacial do comportamento das diferentes partes da bacia, sujeitas a diferentes ações do homem. Diante disso, para o desenvolvimento da pesquisa utilizou-se o modelo hidrológico e sedimentar Soil and Water Assessment Tool (SWAT), por ser um modelo com uma interface acoplada a um Sistema de Informações Geográficas – SIG, o ArcGIS, desenvolvido para simular o impacto que as práticas manejo do solo, sua pedologia e suas alterações de uso e ocupação podem ter no escoamento, produção de sedimentos e na qualidade da água de uma bacia hidrográfica de pequeno, médio ou grande extensão, simulando todos os seus processos hidrológicos (Santos et al., 2006). Nesse sentido, o objetivo principal deste estudo foi testar a aplicabilidade do modelo SWAT na simulação da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio das Almas.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

3 - Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio das Almas está situada no Estado de Goiás, Brasil, entre as coordenadas de latitude 15°49'00" e 16°16'00" sul e 49°21'00" e 48°78'00" de longitude oeste (Figura 1). Distribuído em 44 municípios e com uma área de aproximadamente 18.681,33 km², possui uma rede hidrográfica pertencente à bacia do rio Tocantins. Segundo a classificação de

Köppen, a bacia hidrográfica do rio das Almas está inserida na zona climática Aw, denominada clima Tropical Savana com estação seca de inverno (Cardoso et al., 2014). O período chuvoso ocorre entre os meses de novembro a março, com uma precipitação média anual de 1700 mm.

A vegetação predominante é o cerrado, do qual suas fisionomias englobam as formações florestais, representadas por Mata ciliar, Mata de Galeria, Mata de Seca e Cerradão; formações savânicas, representada pelo Cerrado, Vereda, Parque de Cerrado e Palmeiral; e campestre (PERH-Goiás, 2015). Os tipos de solo predominantes na bacia hidrográfica são os argissolos vermelhos, cambissolos, chernossolos, latossolos e neossolos. A pecuária e agricultura são seus principais tipos de uso do solo, respectivamente.



Figura 1- Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio das Almas.

4 - O modelo SWAT

O SWAT é um modelo hidrossedimentológico desenvolvido pelo Serviço de Pesquisa Agrícola dos Estados Unidos, principal agência científica de pesquisa vinculada ao Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Esse modelo foi desenvolvido com o propósito de prever o

impacto das práticas de manejo do solo na produção de água, sedimentos e produtos químicos agrícolas em grandes bacias hidrográficas (Neitsch et al., 2011). É um modelo de base semi-física, onde se incorporam informações específicas sobre o clima, propriedades do solo, topografia, vegetação, práticas de manejo do solo na bacia e os processos físicos são diretamente modelados com base nos dados de entrada. É semi-distribuído e contínuo no tempo, em que os fenômenos são representados em longo prazo, capaz de simular em período diário, mensal ou anual (Arnold e. al., 2012). O modelo foi desenvolvido para simular os processos de escoamento superficial, percolação, fluxo lateral superficial e subterrâneo, evapotranspiração, neve e fluxo de redes de drenagem, ciclo hidrossedimentológico, nutrientes, pesticidas e bactérias (Neitsch et al., 2005).

5 - Resultados e Discussão

A simulação hidrológica mensal foi realizada do período de 01/01/1968 a 31/12/1994. Os valores das vazões simuladas podem ser comparados graficamente com as vazões observadas nos postos fluviométricos de Jaraguá e Colônia dos Americanos, como visto nas Figuras 2a-b.

De acordo com os gráficos, o modelo superestimou algumas vazões de pico, mas em linhas gerais o modelo acabou subestimando as vazões mais baixas nos períodos de menor fluxo no rio. Nesse sentido, o modelo SWAT conseguiu com destreza prever satisfatoriamente o comportamento da vazão adequadamente, tanto para os valores de pico como para os valores mínimos de escoamento de base, respondendo proporcionalmente às taxas de precipitação reais observadas na bacia. Resultados similares para bacias nesse mesmo bioma por Pereira et al. (2016a), Pereira et al. (2016b), Rodrigues et al. (2015), Pereira et al., (2014), Castro (2013), Salles (2012), Fukunaga (2012), e Ferrigo (2011). As análises estatísticas foram satisfatórias, pois o posto Jaraguá apresentou $R^2 = 0,75$ e $NS = 0,68$, enquanto o posto Colônia dos Americanos apresentou $R^2 = 0,87$ e $NS = 0,75$.

A estimativa da produção de sedimentos foi calculada para toda a série de dados, com exceção dos três primeiros anos de aquecimento do modelo. A Figura 3 mostra a relação entre as vazões observadas e simuladas para o posto Jaraguá para o período de 1968 a 1994. A Figura 4 apresenta o comportamento da relação entre os dados de vazão observada e de produção de sedimentos calculada. Com base nos resultados, observou-se que a relação vazão-erosão não foi alta ($R^2 = 0,652$). Estes resultados podem estar associados à construção de pequenos barramentos ao longo da rede de drenagem, pois, a interceptação causada por barramentos influencia no volume de água que é represada ao longo do percurso do rio, alterando o fluxo natural da água escoada na bacia.

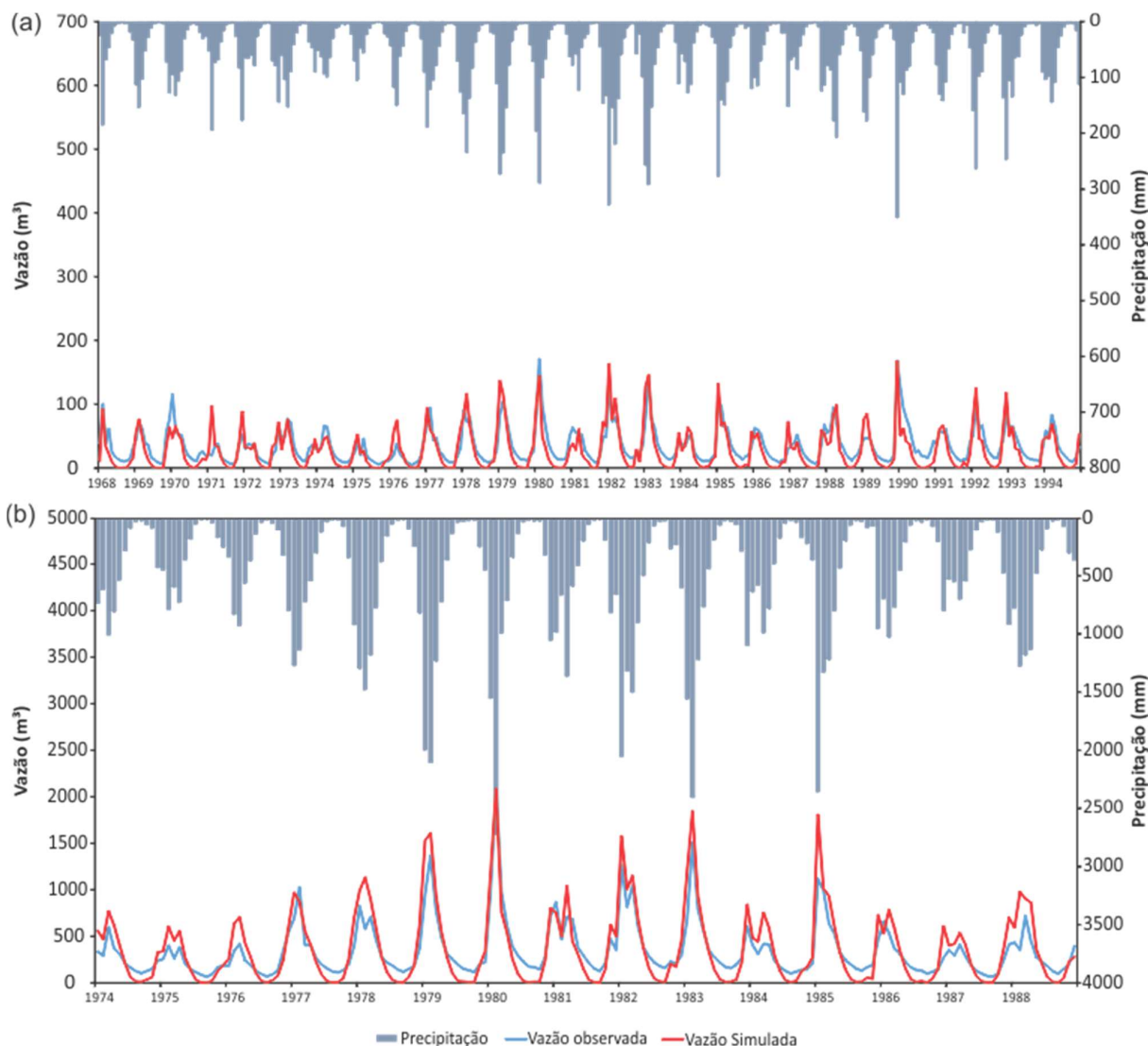


Figura 2: Vazões observadas e simuladas para o posto Jaraguá para o período de 1968 a 1994: (a) Jaraguá e (b) Colônia dos Americanos

Os resultados alcançados neste estudo mostram que a tipologia da cobertura vegetal do bioma Cerrado exerce um papel preponderante nas variações da produção de água e de sedimentos na bacia. Esse grau de influência pode ser atribuído às diferenças pedológicas ao longo da bacia, especialmente nas áreas com presença dos solos do tipo latossolos, pois seu maior grau de desenvolvimento, em relação às demais classes de solo, contribui com a retenção de água no solo.

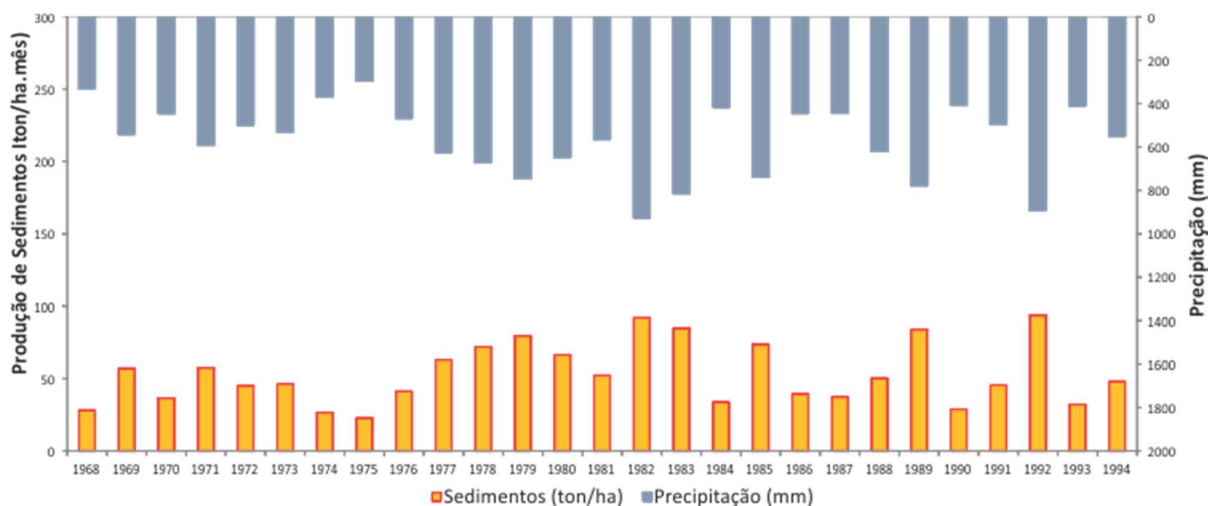


Figura 3: Comportamento da precipitação e da produção de sedimentos para a bacia do Rio das Almas para o período de 1968 a 1994

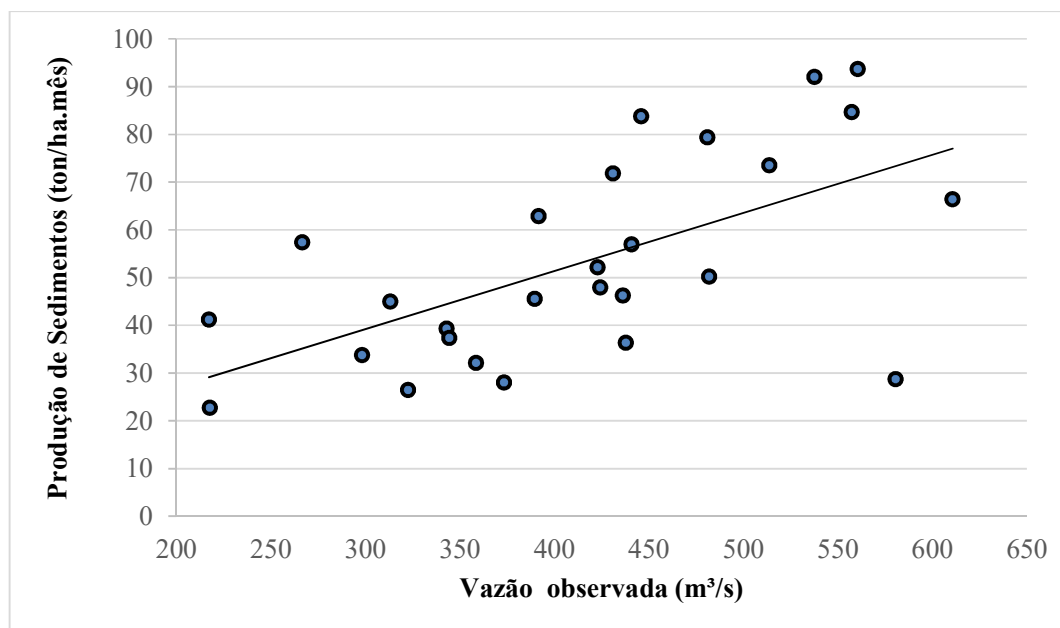


Figura 4: Relação entre vazão observada e a produção de sedimentos para o período de 1968 a 1994 no posto Jaraguá

6 - CONCLUSÃO

Conclui-se que o modelo conseguiu representar o comportamento hidrossedimentológico da bacia hidrográfica do Rio das Almas, gerando estimativas de produção de sedimentos variando

entre 20 e 90 ton/ha/ano. A produção de sedimentos na bacia foi fortemente influenciada pelos tipos de solo, sazonalidade da precipitação e, conseqüentemente, da vazão. Os parâmetros estatísticos para análise do desempenho do modelo possuem valores considerados bons. A relação chuva-vazão-sedimentos demonstrou que os períodos onde a vazão foi maior, apresentam picos de produção de sedimentos, provocados possivelmente pela erosão dos trechos de rio. Finalmente, os resultados obtidos mostram que o modelo SWAT pode ser considerado uma ferramenta valiosa para a simulação chuva-vazão-erosão, e conseqüentemente, para o gerenciamento dos recursos hídricos dessa bacia.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD, J. G.; MORIASI, D. N.; GASSMAN, P. W.; ABBASPOUR, K. C.; WHITE, M. J.; SRINIVASAN, R.; SANTHI, C.; HARMEL, R. D.; VAN GRIENSVEN, A.; VAN LIEW, M. W.; KANNAN, N.; JHA, M. K. SWAT: model use, calibration, and validation. Transactions of the ASABE, v. 55, n.4, p. 1491-1508, 2012.

CARDOSO, M. R. D; MARCUZZO, F. F. N; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. ACTA Geográfica, Boa Vista, v.8, n.16, p.40-55, 2014.

CASTRO, K. B. Avaliação do modelo SWAT na simulação da vazão em bacia agrícola do cerrado intensamente monitorada. 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências Aplicadas (Geoprocessamento e Análise Ambiental), Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2013.

FERRIGO, S. Utilização do modelo SWAT na estimativa de produção de sedimentos na bacia do córrego capão comprido no Distrito Federal. Trabalho de Conclusão do Curso, Instituto de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2011. 90 p.

FUKUNAGA, D. C., Estimção de vazão em bacias hidrográficas do Sul do Espírito Santo. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. JERÔNIMO MONTEIRO – ES, 2012 . 98f.

LIMA, J. E. F. W. Situação e perspectiva sobre as águas do cerrado. Ciência e Cultura, v. 3, On-line version, 2011.

NEITSCH, S. L.; ARNOLD, J. G.; KINIRY, J. R.; WILLIAMS, J. R. Soil and Water Assessment Tool: Theoretical documentation - Version 2009. Agricultural Research Service. Texas A&M University System, 2011. 618 p.

NEITSCH, S.L.; ARNOLD, J.G.; KINIRY, J.R. & WILLIAMS, J.R. Soil and water assessment tool: Theoretical documentation - version 2005. Grassland, Soil and Water Research Laboratory - Agricultural Research Service; Blackland Research Center - Texas Agricultural Experiment Station, 2005. 494p.



OLIVEIRA, L. T. Aplicação do modelo SWAT para simular vazões em uma bacia hidrográfica em Aracruz, ES. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2014.

PEREIRA, D. R., MARTINEZ, M. A., DA SILVA, D. D. & PRUSKI, F. F. Hydrological simulation in a basin of typical tropical climate and soil using the SWAT Model Part II: simulation of hydrological variables and soil use scenarios. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, v.5, p.149–163, 2016b.

PEREIRA, D. R., MARTINEZ, M. A., DE ALMEIDA ANDRÉ, Q., PRUSKI, F. F., DA SILVA, D. D. & ZONTA, J. H. Hydrological simulation using SWAT model in headwater basin in Southeast Brazil. *Engenharia Agrícola*, v.34, p. 789–799, 2014.

PEREIRA, D. R., MARTINEZ, M. A., PRUSKI, F. F. & DA SILVA, D. D. Hydrological simulation in a basin of typical tropical climate and soil using the SWAT model Part I: calibration and validation tests. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, v.7, p.14–37, 2016a.

PERH-GOIÁS. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Goiás. Setembro de 2015.

SALLES, L. de A. Calibração e validação do modelo SWAT para a predição de vazões na bacia do ribeirão Pipiripau. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2012. 114 p.

SANTOS, S.; MONTEIRO, A.; MOURATO, S.; FERNANDEZ, P. Os sistemas de informação geográfica na modelagem hidrológica. In: Congresso Nacional de Tecnologias de la información geográfica, 12, 2006, Granada, Espanha. p. 465-479, 2006.