

Mariana Villas Boas, CPRM/SGB – marianadvb@globo.com  
 Francisco Olivera, Texas A&M University  
 José Paulo S. de Azevedo, UFRJ/COPPE  
 Achilles Monteiro – CPRM/SGB  
 Janaina Silva – CPRM/SGB



**ABSTRACT**

The Piabanha River watershed is located in the state of Rio de Janeiro, which one of the most densely populated states of Brazil. The watershed has three types of land use: urban area, agricultural and preserved forest. The environmental problems found in the area (e.g., landslides, flooding, water quality degradation in the rivers) are mainly related to its development. Therefore, the Geological Survey of Brazil (CPRM), in partnership with government agencies and universities, has been operating a hydro-meteorological network and developing studies in the area in order to understand its hydrologic behavior. The goal of this article is to evaluate the impact of these different land uses on the watershed using SWAT. SWAT was calibrated using mostly information provided by the CPRM project.

**INTRODUÇÃO**

A avaliação do impacto do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos é uma importante ferramenta para o planejamento e a gestão ambiental. A utilização de modelos hidrológicos que representam a bacia hidrográfica com um todo permite que essa avaliação seja realizada de forma ampla e completa. Nesse estudo foi utilizado o modelo SWAT para a avaliação do impacto dos três principais usos de solo da Bacia do rio Piabanha, localizada no estado do Rio de Janeiro, Brasil. A calibração preliminar do modelo foi realizada utilizando principalmente dados da rede de monitoramento operada pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil.

**ÁREA DE ESTUDO**

A metodologia foi aplicada à bacia do rio Piabanha (afluente pela margem direita do rio Paraíba do Sul) que ocupa uma área de aproximadamente 2.050 km², a maior parte inserida na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. A área estudada foi induzida a um crescimento urbano acentuado e inadequado para as suas condições ambientais (Villas- Boas et al. (2011)).

Os principais problemas ambientais enfrentados na região estão associados aos usos urbano e agrícola, dos quais cabe ressaltar os seguintes: erosão das encostas, proporcionadas em parte pela ocupação irregular, inundações na calha dos rios gerando alagamento nas áreas urbanas e deterioração da qualidade da água causada principalmente pela deficiência e/ou inexistência do tratamento de efluentes domésticos e pelo uso abusivo de agrotóxicos nas áreas de ocupação agrícola.

Este estudo foi realizado no âmbito de um projeto institucional da CPRM – Serviço Geológico do Brasil intitulado “Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativa – Região Serrana – RJ”, que surgiu com a finalidade de apoiar financeiramente o “Projeto EIBEX-I – Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro” que teve início no ano de 2006, financiado pelo MCT/FINEP/CT-HIDRO. Com o fim do projeto EIBEX I, em 2010, a CPRM continuou a operação da rede e prosseguiu com os estudos relacionados às suas atividades, dos quais fazem parte os experimentos de qualidade de água. (Araújo et al. (2007)).

Para o desenvolvimento do projeto foi definida uma bacia representativa, que reunisse as características de uso de solo e vegetação da bacia do rio Piabanha para que os resultados pudessem ser utilizados na gestão de recursos hídricos. Dentro desta área, com cerca de 400km², foram definidas três bacias experimentais, onde predominam os diferentes usos do solo existentes e suas respectivas áreas aproximadas: área de mata preservada, uso agrícola e área com ocupação urbana. A Figura 1 ilustra a localização das sub-bacias representativas e experimentais.

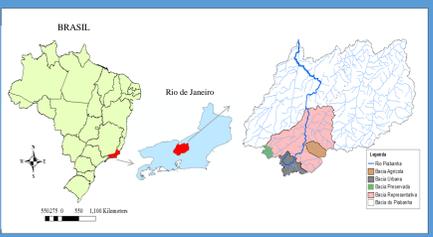


Figura 1 – Localização da bacia do Rio Piabanha e das bacias representativa e experimentais.



Figuras 1, 2 e 3 – Fotos ilustrativas das bacias experimentais preservada, urbana e agrícola.

Atualmente, a rede de monitoramento operada pela CPRM na bacia representativa conta com 13 (quinze) estações que dispõem de equipamento convencional (pluviômetro e/ou seção de réguas) e, algumas, também possuem equipamento automático de registro de chuva e/ou nível. A Figura 4 apresenta a rede de monitoramento e a localização das bacias representativa e experimentais.

**MATERIAL e METODOS**

**DADOS**

Os dados utilizados nesse estudo foram reunidos de diversas fontes, a maioria deles disponível publicamente. Foi definido para a calibração do modelo o período de 01/01/2005 a 31/12/2012.

- Mapas e Imagens - para a elaboração do modelo digital de terreno (DEM) foi utilizada imagem SRTM (Embrapa (2013)) projetada em UTM - WGS 84. Os mapas de uso do solo e cobertura do solo e o mapa de uso de solos utilizados foram elaborados através do projeto Rio de Janeiro (CPRM (2013)).
- Dados Climáticos - foram utilizadas três estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), uma estação da rede de monitoramento operada pela CPRM e uma estação da Base de Dados Climáticos Global (Global Weather Database).
- Dados Fluviométricos e Pluviométricos - os dados diários de 12 estações pluviométricas foram organizados. Os dados foram adquiridos no portal Hidrowed da Agência Nacional de Águas (ANA (2013)) e no banco de dados da Rede de Monitoramento operada pela CPRM. Os dados fluviométricos utilizados foram adquiridos também no Hidroweb (ANA (2013)).

**SWAT**

SWAT é um modelo que opera em passo de tempo diário e foi desenvolvido para prever o impacto do uso e gestão do solo nos recursos hídricos, sedimentos, e cargas químicas agrícolas em bacias não monitoradas. O modelo é computacionalmente eficiente e pode simular longos períodos. Para isso, a bacia hidrográfica a ser estudada deve ser dividida em sub-bacias e essas em pequenas unidades hidrológicas chamadas HRUs. O mecanismo base do SWAT é o balanço hídrico. (Arnold et al. (2012)). Foi utilizada a versão ArcSWAT 2012.10.14.

**SWAT-CUP**

SWAT-CUP é um programa de domínio público para a calibração de modelos do SWAT. ‘Nesse estudo foi utilizado o procedimento SUFI2 para calibração e análise de sensibilidade e a versão 5.6.1.2.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A bacia em estudo foi dividida em 45 sub-bacias para aplicação do modelo SWAT. A Figura 4 ilustra essa divisão bem como o posicionamento das bacias experimentais. A calibração do modelo foi realizada para o período de 01/01/2005 e 31/12/2012, sendo que os anos de 2005 e 2006 foram definidos como período de aquecimento do modelo, e utilizando os dados mensais. Foi utilizada a estação de monitoramento Pedro do Rio que fica localizada no exutório da bacia. A análise de sensibilidade mostrou que os parâmetros mais sensíveis para a bacia são os definidos na tabela 1 acompanhados dos valores finais definidos. A Tabela 1 também apresenta os valores das estatísticas seguintes estatísticas: Coeficiente de Determinação (R2), Coeficiente Nash-Sutcliffe (NS), Erro Médio Quadrático (MSE), p-fator e r-fator. A Figura 5 apresenta o hidrograma para a Estação Pedro do Rio dos dados observados e simulados. É possível notar um ótimo ajuste entre os dados observados e simulados de acordo com a Figura 5 e com os valores das Estatísticas descritivas.

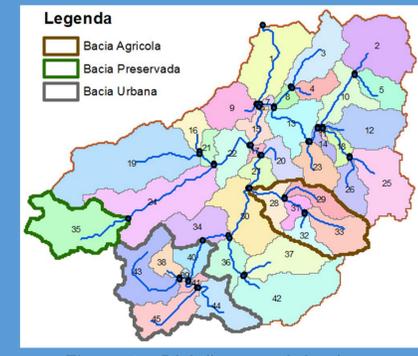


Figura 4 – Divisão em sub-bacias.

Tabela 1 Parâmetros ajustados.

Parâmetros	Valores ajustados
RCHRG_DP	0.998
GW_REVAP	0.611
CANMX	1.809
EPCO	0.017
CN2	0.03%
ESCO	0.687
ALPHA_BF	0.389
SOL_AWC	4.20%
Estatísticas	Valores
R2	0.90
NS	0.89
MSE	5.31
p-fator	0.61
r-fator	0

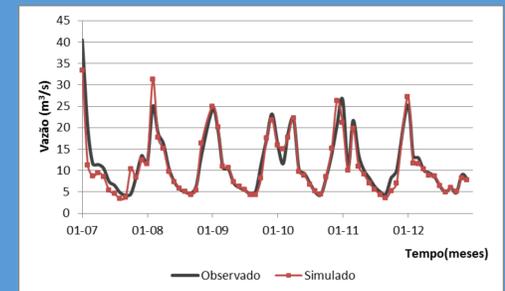


Figura 5 – Hidrograma dos dados simulados e observados.

Foi realizada uma avaliação preliminar do impacto do uso e ocupação do solo com base em alguns parâmetros hidrológicos calculados pelo modelo para os anos de 2007, 2008 e 2009 para as três bacias experimentais (agrícola, preservada e urbana). A Tabela 2 apresenta os valores dos parâmetros: Precipitação (Prec), Evapotranspiração potencial (PET), Evapotranspiração atual (ET), Percolação (Perc), Qsup (escoamento superficial), Sedimentos (Sed), Nitrato no escoamento superficial (N) e Fósforo no escoamento superficial (P). Todos os parâmetros foram calculados por unidade de área (km²) para possibilitar a comparação entre as três bacias experimentais. É possível observar que a produção de sedimentos é bem mais elevada na área urbana. A carga de fósforo carregada nas áreas urbanas e agrícola possui a mesma ordem de grandeza. A evapotranspiração é maior na área agrícola, que também possui muitas áreas de mata preservada.

Tabela 2 – Comparação dos parâmetros do modelo para as três bacias experimentais.

	Agríc.	Preser.	Urb.	Agríc.	Preser.	Urb.	Agríc.	Preser.	Urb.
	2007			2008			2009		
Prec(mm/km²)	187.602	33.113	254.021	328.313	38.374	341.414	296.095	40.673	312.458
PET(mm/km²)	247.248	44.453	188.536	233.427	42.583	177.575	239.330	43.256	179.998
ET(mm/km²)	113.029	26.374	95.792	141.243	30.091	121.828	135.446	29.568	123.965
Perc(mm/km²)	17.836	5.705	42.757	42.422	2.914	73.825	41.246	7.225	63.045
Qsup(mm/km²)	27.736	1.252	79.889	87.812	0.167	86.342	69.854	0.364	67.854
Sed(t/km²)	52.757	8.600	3596.370	208.494	0.7000	2288.757	88.948	4.500	944.784
N (kg/km²)	89.461	6.400	314.357	183.3942	0.800	862.2746	163.261	2.200	283.544
P (kg/km²)	5.187	0.700	17.202	19.035	0.100	29.892	15.235	0.200	16.219

**CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

A calibração do modelo SWAT para bacia do rio Piabanha foi realizada de forma eficiente com base nas estatísticas descritivas e no hidrograma dos dados observados e simulados. Foi possível realizar uma avaliação preliminar do impacto do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos. Recomenda-se a calibração com dados diários do modelo bem como a calibração de sedimentos e dados de qualidade de água em estudos futuros.

**REFERÊNCIAS**

-ARAÚJO, L. M. N.; MORAIS, A.; VILLAS-BOAS, M.D. et al Estudos Integrados de Bacias Experimentais Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piabanha. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 11., 2007, São Paulo. Anais... CD-ROM  
 -VILLAS-BOAS, M. D.; BASTOS, A. O.; ARAUJO, L. M. N.; SILVA, J. P.G.; MONTEIRO, A. E. G. C. . O manejo do uso do solo como mecanismo regulatório da gestão da qualidade da água - estudo de caso: a bacia do rio Piabanha. In: XIV World Water Congress, 2011, Porto de Galinhas. XIV World Water Congress - Proceedings, 2011.  
 -Embrapa, 2013 - <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/tj/rj.htm> - Acessado em 08/07/2013.  
 -CPRM, 2013 - <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/> - Acessado em 10/05/2013.  
 ANA, 2013 - <http://hidroweb.ana.gov.br/> - Acessado em 01/04/2013  
 Arnold, J. G., Moriasi, D. N., Gassman, P. W., Abbaspour et al., 2012. Swat: model use, calibration, and validation. American Society of Agricultural and Biological Engineers Vol. 55(4): 1491-1508.-