

MODELAGEM DA RESPOSTA HIDROLÓGICA AOS DIFERENTES TIPOS DE  
USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO BARRO BRANCO/SÃO JOSÉ  
DE UBÁ - RJ

**MODELAGEM DA RESPOSTA HIDROLÓGICA AOS DIFERENTES TIPOS  
DE USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO BARRO BRANCO/SÃO  
JOSÉ DE UBÁ - RJ**

Brazão, C.<sup>1</sup>; Fernandes, N.<sup>2</sup>; Bhering, S.<sup>3</sup>;

<sup>1</sup>UFRJ *Email*:brazao\_chris@hotmail.com;

<sup>2</sup>UFRJ ; <sup>3</sup>EMBRAPA

**RESUMO:**

A modelagem de processos hidrológicos na escala de bacia hidrográfica vem se constituindo numa importante ferramenta para simulação da vazão. Sendo assim, no presente trabalho, buscou-se realizar uma análise espacial dos aspectos hidrológicos na Bacia do Córrego Barro Branco por meio do modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tools). Os resultados das simulações foram comparados com os dados observados experimentalmente durante o ano de 2008, sendo posteriormente calibrados e validados.

**PALAVRAS CHAVES:**

*BACIA HIDROGRÁFICA; MODELAGEM MATEMÁTICA; HIDROLOGIA*

**ABSTRACT:**

The modeling of hydrological processes at catchment scale environment is becoming an important tool for simulating the flow. So, in the present study, we attempted to perform a spatial analysis of hydrological aspects in the Barro Branco Watershed through the model SWAT (Soil and Water Assessment Tools). The simulation results were compared with the experimentally observed data during the year 2008, and subsequently calibrated and validated.

**KEYWORDS:**

*WATERSHED; MATHEMATICAL MODELING; HYDROLOGY*

**INTRODUÇÃO:**

As mudanças no uso da terra são amplamente reconhecidas como aceleradores da erosão hídrica, que em excesso, nos solos produtivos, acabaria por resultar na diminuição do potencial agrícola (MONTGOMERY, 2007). Esse é um cenário comum a grande parte das terras do sudeste brasileiro, em particular na Região Noroeste Fluminense, onde devido aos longos períodos de exploração agrícola, e ao desconhecimento de técnicas e práticas conservacionistas apropriadas, verifica-se acelerada degradação dos recursos naturais, resultando numa paisagem dominada por

## MODELAGEM DA RESPOSTA HIDROLÓGICA AOS DIFERENTES TIPOS DE USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO BARRO BRANCO/SÃO JOSÉ DE UBÁ - RJ

solos altamente degradados e raros fragmentos isolados de Mata Atlântica. Sendo assim, o presente estudo pretende abordar os principais parâmetros hidrológicos que interferem nos processos erosivos e com que magnitude eles ocorrem no Noroeste Fluminense, sendo estes analisados através do monitoramento da vazão e do uso da modelagem matemática. Com isso, o objetivo deste trabalho é avaliar espacial e temporalmente o impacto dos diferentes tipos de uso e manejo da terra na vazão, através da interface entre modelagem matemática e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). O modelo utiliza parâmetros agrometeorológicos e pedológicos, gerando a partir destes suas simulações. Através destes dados, o modelo mostrou que os parâmetros relacionados à água disponível no solo e a condutividade hidráulica interferem na geração do escoamento superficial e, conseqüentemente, nas vazões máximas da bacia. Os parâmetros mais sensíveis foram alterados individualmente e tiveram influência significativa na resposta do modelo. Para validar a previsão do modelo, foi utilizado o coeficiente de Nash e Sutcliffe – COE, entre os dados simulados e experimentalmente observados. O COE para a vazão foi de 0,75, classificado como satisfatório e com comportamento próximo do observado. O modelo SWAT foi capaz de simular corretamente as vazões na bacia hidrográfica do Barro Branco em períodos com dados contínuos.

### **MATERIAL E MÉTODOS:**

A bacia do Barro Branco possui 6 Km<sup>2</sup> com pequenas parcelas de cultivos sendo o principal o tomate, além do predomínio de extensas áreas de pastagem e solo exposto. A classificação climática do Barro Branco, segundo KOPPEN (1948), é Aw, ou seja, clima tropical com inverno seco, e a precipitação na bacia é de aproximadamente 1.200mm. As rochas na bacia encontram-se intensamente intemperizadas, ocorrendo afloramentos apenas na porção Sul. As principais direções de fraturas e descontinuidades são as direções NE-SW. Do ponto de vista edáfico, as porções planas foram identificadas associações de Gleissolos, em contraponto, no sopé das encostas há predomínio de Argissolos vermelhos e vermelho-amarelos que gradualmente dão lugar aos Nitossolos à medida que o relevo fica mais acentuado. O uso e cobertura da terra predominante na bacia é a pastagem, seguida por vegetação natural alterada e por solo exposto. O modelo matemático utilizado é o SWAT2009, versão também denominada de ArcSWAT, que possui interface com o ArcGIS 9.3. As ações de caracterização do meio físico, essenciais à aplicação do modelo são feitas a partir do mapa de solos já existente, da montagem da base de dados meteorológica, da geração do modelo numérico de elevação e do mapa de uso atual da bacia do Barro Branco. Para permeabilidade dos solos, o modelo utiliza a classificação das características de infiltração dos solos de acordo com U.S Natural Resource Conservation Service (NRCS, 1986). Os solos são classificados em A, B, C ou D, sendo que a infiltração é decrescente do grupo A para o D. Após a simulação no modelo inicia-se o período de calibração onde os parâmetros de entrada do modelo são variados/modificados até se obter um ajuste aceitável. Já no período de verificação (validação) do modelo, os parâmetros obtidos no período de calibração são utilizados para executar o modelo e seu ajuste é analisado.

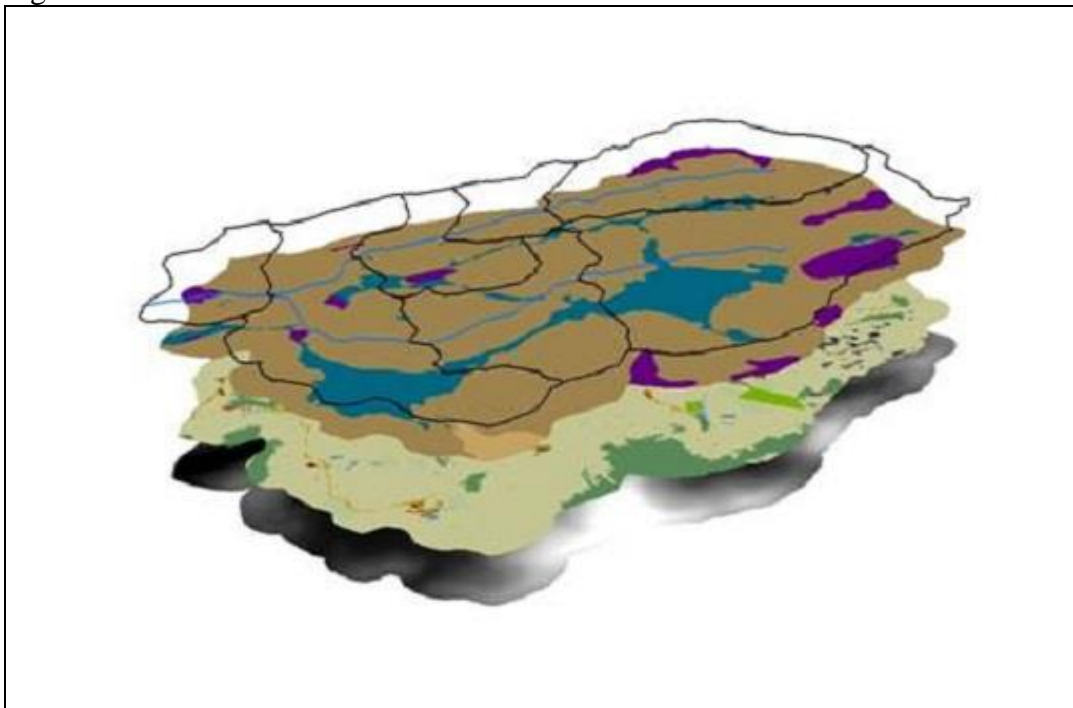
## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A delimitação da bacia em sub-bacias foi realizada definindo uma área de drenagem mínima (ADM), em hectares, a partir do MNT. Posteriormente à definição da ADM, com área de drenagem mínima de 8ha, o modelo sugere um ponto de monitoramento para cada confluência, representando o exutório de cada sub-bacia e onde espacialmente se daria a coleta dos dados de vazão e escoamento simulados. O método utilizado para a definição das unidades de resposta hidrológica (HRUs) foi a combinação dos usos e cobertura da terra, os solos e a declividade em cada sub-bacia, abrangendo suas características em comum (Figura 01). A simulação foi iniciada após a definição das URHs e nesta etapa não há grandes alterações a serem feitas, utiliza-se apenas o passo a passo do modelo. Após efetuar a simulação o modelo fornece a análise de sensibilidade, que avalia quais e como os diferentes parâmetros influenciam na resposta final dos valores de vazão simulados (WHITE & CHAUBEY, 2005; CIBIN et al, 2010). A identificação destes parâmetros foi utilizada para proceder com a calibração do modelo, esta calibração implica na modificação dos valores dos parâmetros com intuito de comparar os resultados de interesse previstos com os dados mensurados. A análise do desempenho do modelo foi realizada através de três índices estatísticos: o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o coeficiente de eficiência de Nash Sutcliffe (NS); e o índice estatístico PBIAS, que são os mais utilizados (GASSMAN et. al., 2007) nas análises de desempenho do modelo SWAT. A análise de sensibilidade mostrou que a metade dos parâmetros (SOL\_AWC, CN2, SOL\_K, SLOPE, CANMX e BLAI) interfere na geração do escoamento superficial e, conseqüentemente, nas vazões máximas da bacia. De encontro ao trabalho de Abraham et. al. (2007), em seu estudo em bacia hidrográfica africana, e Thampi et. al. (2010), em bacias indianas, observaram o CN2, o SOL\_AWC e o ESCO como parâmetros mais importantes para geração do escoamento superficial. É importante reforçar a abordagem de que quanto mais sensível for considerado o parâmetro, maior importância deve ser dada a obtenção e inserção dos seus valores no modelo. Comparando os hidrogramas, antes e após a calibração, é possível perceber uma inversão com relação às estimativas de picos de vazões. Antes da calibração (Figura 02), os picos nas vazões eram superestimados, enquanto que, após a calibração, o modelo passou a subestimá-las. Esta alteração de comportamento pode ser explicada principalmente pela alteração nos valores do CN2, SOL\_AWC e SOL\_K, favorecendo o aumento da infiltração e armazenamento de água no solo, em detrimento do escoamento superficial. Para os valores médios de vazão, houve grande melhora nos resultados com a calibração: antes dessa operação, foi estimada uma vazão média de 38,6 m<sup>3</sup>/s, e, posteriormente, o valor foi de 9,73m<sup>3</sup>/s, mais próximo ao valor da vazão monitorada de 11,14 m<sup>3</sup>/s. Pode-se observar que há uma diminuição na superestimação dos valores máximos de vazão, ou seja, uma melhora nos resultados da vazão simulada, e os mínimos que chegavam a zero obtiveram uma melhora mínima. A validação do modelo foi realizada com base nos dados hidrológicos referentes aos meses de Janeiro, Fevereiro e Março de 2010. Os resultados da simulação foram comparados com os dados de vazão monitorados em 2008. O Coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe (NS), o fator de regressão ( $R^2$ ) e o PBIAS foram adotados a fim de validar a previsão do modelo. Os principais índices estatísticos mostraram melhora significativa após a

# MODELAGEM DA RESPOSTA HIDROLÓGICA AOS DIFERENTES TIPOS DE USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO BARRO BRANCO/SÃO JOSÉ DE UBÁ - RJ

calibração e permaneceram satisfatórios após a validação. Sendo os NS após a calibração de 0,7 e 0,5 após a validação; o coeficiente  $R^2$  obtido após a calibração foi de 0,5 e 0,7 após a validação, por fim, os PBIAS calibrados e validados foram de 12,7, 13,02, respectivamente.

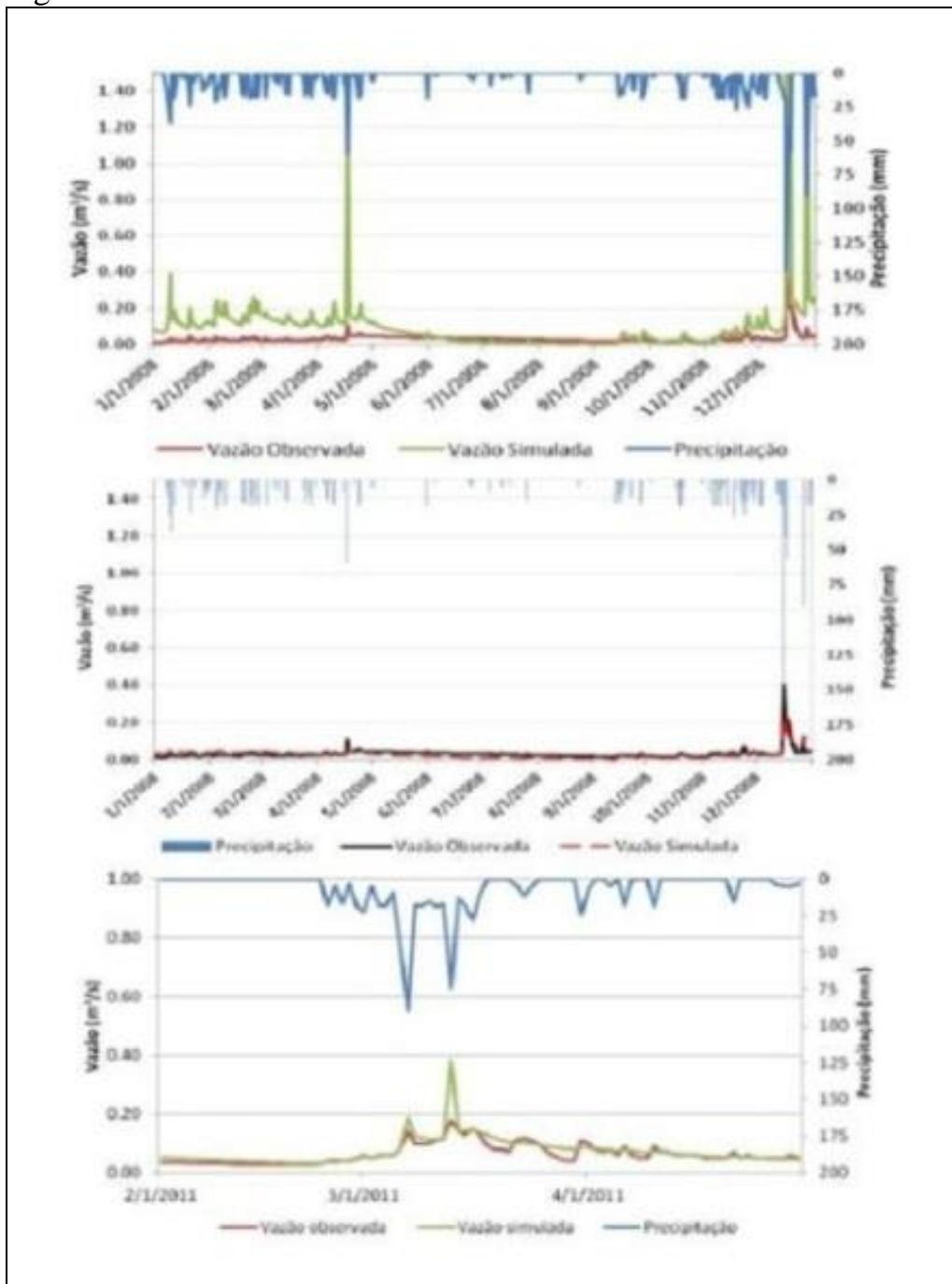
Figura 01



Planos cartográficos utilizados na geração das URHs

# MODELAGEM DA RESPOSTA HIDROLÓGICA AOS DIFERENTES TIPOS DE USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO BARRO BRANCO/SÃO JOSÉ DE UBÁ - RJ

Figura 02



1. Simulação da vazão sem calibração; 2. Calibração da vazão (ano 2008); 3. Validação do modelo (ano 2010)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS:

O modelo SWAT, na versão SWAT2009, foi avaliado e apresentou viabilidade de aplicação em condições brasileiras, o que vai ao encontro da literatura preexistente. A montagem do banco de dados necessário à simulação do modelo torna-se a fase

# MODELAGEM DA RESPOSTA HIDROLÓGICA AOS DIFERENTES TIPOS DE USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO BARRO BRANCO/SÃO JOSÉ DE UBÁ - RJ

trabalhosa, principalmente quando utilizado pela primeira vez em determinada região. Assim, o nível de detalhamento exigido pelo modelo para caracterização de bacias hidrográficas muitas vezes vai contra a realidade brasileira de disponibilização de dados. A limitação do modelo SWAT para pequenas bacias foi verificada devido à perda de sensibilidade na resposta da bacia. Foi observado, em consequência disso, que o modelo torna-se sensível aos parâmetros referentes aos solos, fazendo com que, em um primeiro momento, toda a quantidade de água disponibilizada à bacia fosse convertida em escoamento superficial. Contudo, assim que os parâmetros que condicionavam a infiltração foram calibrados, a vazão simulada aproximou-se da observada significativamente.

## **AGRADECIMENTOS:**

A EMBRAPA SOLOS pela colaboração com este trabalho.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA:**

- ABRAHAM L. Z.; ROEHRIG, J.; CHEKOL, D. A. Calibration and validation of SWAT Hydrologic model for Meki Watershed, Ethiopia. Conference on International Agricultural Research for Development. University of Kassel-Witzenhausen and Univeristy of Göttingen. Tropentag. 2007.
- GASSMAN, W. P.; REYES, M. R.; GREEN, C .H.; ARNOLD, J. G. SWAT peer – reviewed literature: A review. Zurich: Proceedings of the 3rd International SWAT Conference, 2005.
- THAMPI, S. G.; RANEESH, K. Y.; SURYA, T. V. Influence of scale on swat model calibration for streamflow in a river basin in the humid tropics. *Water Resour Manage* v. 24, p. 4567 – 4578, 2010.
- WHITE, K. L.; CHAUBEY, I. Sensitivity analysis, calibration and validation for a multisite and multivariable SWAT model. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 41, n. 5, p. 1077-1089, 2005.