

## SIMULAÇÃO CHUVA-VAZÃO NA REGIÃO DO ALTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MACAÉ COM USO DA PLATAFORMA MOHID

OLEQUES, N.M.B.N.<sup>1</sup>, DIAS, F.L.<sup>1</sup>, KALAS, F.A.<sup>2</sup>, RODRIGUES, P.P.G.W.<sup>2</sup>, LUGON  
JR.,J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé / MCEES<sup>1</sup> – RS – Brasil

<sup>2</sup> Instituto Politécnico do Estado do Rio de Janeiro (IPRJ) – Nova Friburgo / PPGMC <sup>2</sup> – RJ – Brasil

<sup>3</sup> Instituto Federal Fluminense – Macaé / PPEA<sup>3</sup> – RJ – Brasil

### RESUMO

Este trabalho tem por finalidade apresentar os resultados obtidos para modelagem de um evento chuva-vazão na região montanhosa da bacia hidrográfica do Rio Macaé / RJ no período de novembro de 2013. A simulação computacional foi conduzida pela plataforma MOHID (*Water Modelling System*), através do módulo MOHID Land, responsável pela modelagem dos processos hidrológicos nesses corpos d'água. O modelo foi alimentado com dados de chuvas provenientes de duas estações meteorológicas, os quais foram interpolados no próprio sistema para toda a bacia. A bacia foi considerada permeável e o coeficiente de rugosidade foi definido em 0.035. As constantes hidrológicas que alimentaram o módulo do meio poroso foram geradas pelo software Rosetta com base em informações do tipo e textura do solo da região, ao passo que os demais parâmetros necessários para calibração do modelo foram considerados *default* nesse primeiro momento. Os resultados obtidos na simulação da vazão são condizentes com os registros de chuvas que alimentaram o modelo, exibindo picos nos dias 18/11 e 23/11. A análise comparativa entre os dados reais de vazão – calculados com base nas cotas apresentadas pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) para o período e a curva-chave característica da região – e dados simulados permite inferir a necessidade de calibração do modelo. Outrossim, os resultados obtidos pelo modelo mostraram-se satisfatórios, podendo o mesmo ser aplicado a outras bacias hidrográficas brasileiras.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica; Modelagem Hidrológica; Mohid Land

### 1 INTRODUÇÃO

A água é o cerne do desenvolvimento sustentável. Recursos hídricos e a gama de serviços que prestam, sustentam a redução da pobreza, o crescimento econômico e a sustentabilidade ambiental, tendo em vista que estão intrinsecamente relacionados à alimentação, matriz energética, saúde humana e ambiental (UNESCO, 2015). A legislação ambiental brasileira, através da Lei 9433/97, estabelece a bacia hidrográfica como a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

A aplicação de ferramentas computacionais apresenta grande importância na compreensão de eventos climáticos em uma bacia hidrográfica. O equacionamento dos processos hidrológicos através de modelos possibilitam a compreensão de cenários diversificados ao longo do tempo (TUCCI, 1998), auxiliando sobretudo na tomada de decisão em diferentes áreas (PESSANHA, 2012). Entre os *softwares*

---

1 Curso de Especialização em Modelagem Computacional em Ensino, Experimentação e Simulação

2 Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional

3 Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental

livres disponíveis para modelagem hidrológica, destaca-se a plataforma MOHID (*Water Modelling System*), um sistema de modelagem desenvolvido pelo grupo Maretec do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, desde a década de 80, o qual permite a modelagem de diferentes processos físicos e biogeoquímicos em corpos hídricos (MARETEC, 2012).

O módulo Mohid Land é responsável pela simulação dos processos hidrológicos em bacias hidrográficas (BRAUNSCHWEIG, 2004). Este módulo simula de forma integrada o escoamento superficial, a rede de drenagem e o meio poroso (zona não saturada do solo - acima do nível freático e zona saturada do solo - aquífero). A interação entre os diferentes processos é calculada dinamicamente através de gradientes hidráulicos, onde cada processo possui escalas espaciais próprias (rede de drenagem - 1D, escoamento superficial - 2D e meio poroso - 3D), e podem ser simulados de forma independente ou combinados um com o outro.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar resultados preliminares de vazão obtidos no MOHID Land para a região do alto da bacia hidrográfica do Rio Macaé, em Nova Friburgo/RJ.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1. Caracterização da Área de Estudo

A região Hidrográfica dos Rios Macaé e das Ostras (RH-VIII) está situada na porção sudeste do estado do Rio de Janeiro, entre as coordenadas geográficas  $-22^{\circ} 7' 31''$  e  $-22^{\circ} 32' 32''$  e  $-42^{\circ} 34' 34''$  e  $-41^{\circ} 38' 35''$ . Essa região delimita uma das principais bacias do estado do Rio de Janeiro, cuja área de drenagem apresenta cerca de 2.013 km<sup>2</sup>, abrangendo seis municípios do Rio de Janeiro (Macaé, Rio das Ostras, Nova Friburgo, Casimiro de Abreu, Carapebus e Conceição de Macabu) (CBH, 2012). O rio principal, rio Macaé, nasce na região serrana de Nova Friburgo, no alto da bacia (Figura 1), próximo ao pico do Tinguá (a 1560 m de altitude) e flui na direção leste-sudeste por cerca de 136 km até sua chegada no oceano Atlântico, junto à cidade de Macaé, drenando cerca de 1.765 km<sup>2</sup>.

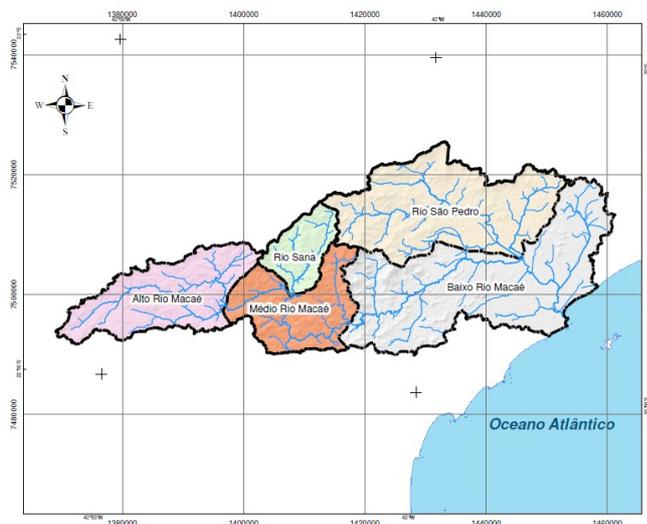


Figura 1- Localização geográfica das sub-bacias da RH-VIII  
Fonte: Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) Macaé e das Ostras

## 2.2. Modelo hidrológico

Para a construção de um modelo hidrológico no sistema MOHID é necessário que sejam atendidas as seguintes etapas: (a) criação de modelo digital de terreno (MDT); (b) construção das seções transversais; (c) delineamento da rede de drenagem da bacia; (d) inclusão dos dados de entrada; (e) ajuste de parâmetros hidrológicos do modelo.

A representação computacional de uma superfície geográfica é obtida com a criação de um modelo digital de terreno (MDT). Um MDT pode ser obtido por meio de equações analíticas ou por uma rede de pontos na forma de uma grade (VIVIANI & MANZATO, 2005). Além disso, é necessário o conjunto de informações altimétricas do terreno que configuram o contexto geomorfológico do mesmo.

Após a definição do MDT, é realizada a definição das seções transversais do canal. Nesta etapa são informados as dimensões do canal - largura (topo e fundo do canal) e profundidade. Essa etapa é fundamental para o delineamento e delimitação da bacia hidrográfica e a simulação do escoamento superficial.

A inclusão dos dados de entrada no Mohid é realizado em arquivos do tipo .srm onde são informados as coordenadas do local e a série temporal dos dados. Os dados de precipitação são necessários para a simulação do escoamento superficial e os demais dados atmosféricos (radiação, ventos, temperatura, etc) podem ser incluídos no caso de modelagem da evapotranspiração da região. Esses arquivos são consultados através do ficheiro *Atmosphere*.

A simulação de eventos hidrológicos requer ainda a calibração do modelo através do ajuste de parâmetros como o coeficiente de rugosidade da bacia, no ficheiro *Runoff*, as constantes hidráulicas relacionadas ao tipo de solo, no ficheiro *PorousMedia*, entre outros. Quanto maior o nível de detalhamento do modelo, mais parâmetros devem ser ajustados para sua calibração.

Neste trabalho, a modelagem hidrológica no alto da bacia (estação Macaé de Cima) pelo MOHID Land foi realizada para o período de 15/11/2013 a 24/11/2013. O modelo foi alimentado com registros horários de chuvas provenientes de duas estações da bacia hidrográfica. A simulação foi realizada considerando-se a bacia permeável, com coeficiente de rugosidade da ordem de 0.035. As constantes hidráulicas (coeficientes de Van Genuchten) para os diferentes tipos de solo foram estimados pelo software Rosetta com base no mapa de tipos de solo do plano de bacia hidrográfica do rio Macaé (SEA, 2014) e com os dados de textura dos solos do Rio de Janeiro (EMBRAPA, 2005).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo digital de terreno e a delimitação da rede de drenagem realizados na modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Macaé (etapas descritas em Tavares et al, 2016) são apresentados na Figura 2, a seguir.

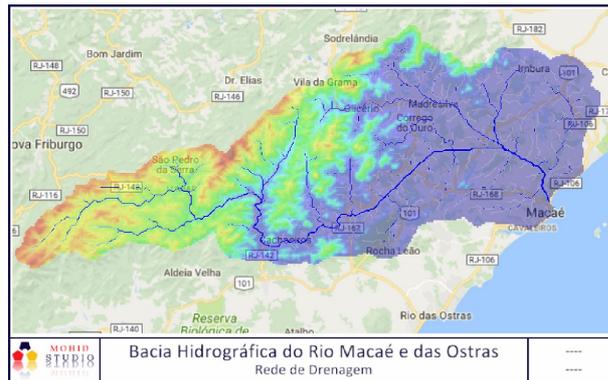


Figura 2 - Construção do MDT e rede de drenagem no Mohid Land.

A Figura 3 apresenta a visualização dos picos de precipitação registrados nos dias 18/11/2013 e 23/11/2013, a partir da interpolação das chuvas pelo Mohid Land para toda a bacia hidrográfica. A Figura 4 exibe uma análise comparativa de dados fluviométricos registrados pela estação do INEA em Macaé de Cima com os resultados simulados pelo Mohid land.

Os extremos de precipitação, observados na região do alto da bacia nesses dois dias, foram modelados de forma satisfatória, retratando os máximos proporcionais de vazão para o mesmo período (Figura 4).

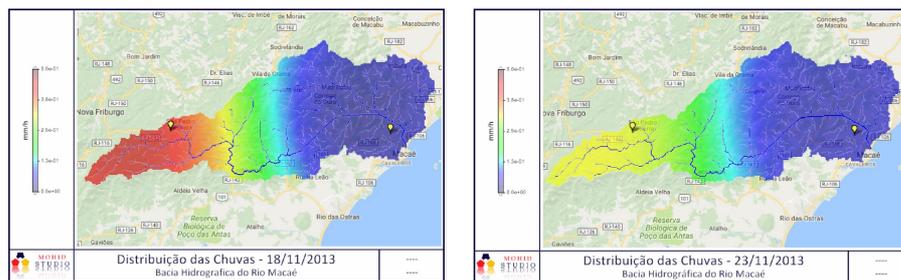


Figura 3 - Interpolação das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Macaé / RJ.

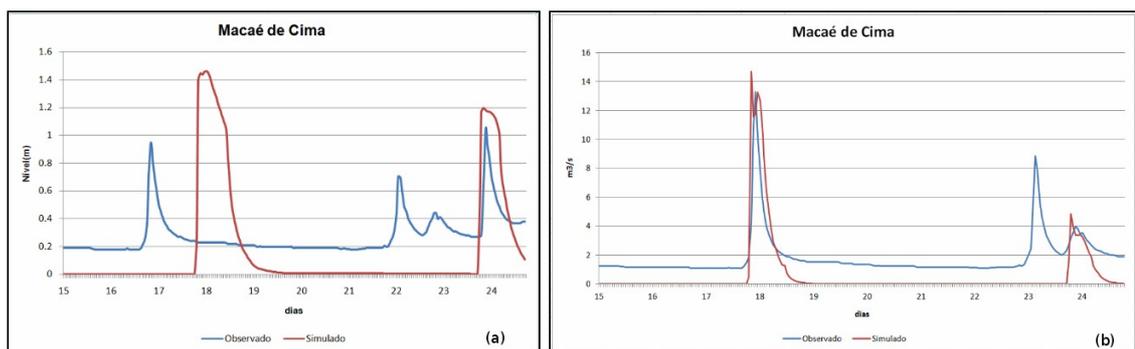


Figura 4 - Resultados obtidos na estação de Macaé de Cima, em Nova Friburgo / RJ, pelo Mohid land comparados aos dados reais registrados na estação fluviométrica do INEA. Legenda: (a) Nível (m) e (b) Vazão ( $m^3/s$ )

Os picos de vazão obtidos pelo Mohid encontram-se qualitativamente defasados em relação aos dados reais observados. Além disso, é importante ressaltar a ausência do escoamento de base na bacia. Tais propriedades devem ser avaliadas com mais cautela a partir da calibração dos parâmetros hidrológicos visando o

refinamento dos resultados simulados e sua aproximação aos valores registrados no local.

#### 4 CONCLUSÃO

O simulador Mohid Land mostrou-se adequado na construção do MDT e na delimitação da rede de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Macaé. A obtenção dos resultados de vazão pelo modelo, após a alimentação do mesmo com as chuvas que ocorrem na região para o período proposto, é considerada satisfatória nesse primeiro teste preliminar. O modelo em questão é aplicável a outras bacias hidrográficas brasileiras.

#### 5 REFERÊNCIAS

- BRASIL. Lei Nº 9.433. (1997). Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências. Brasília.
- Braunschweig, F. ; Neves, R. ; Leitão, P. & Fernandes, L. (2004). Modelação integrada de sistemas hídricos, em XII Congresso da Água, Lisboa.
- EMBRAPA (2005). Caracterização de paisagens e solos representativos do estado do Rio de Janeiro para fins de estimativa de estoques de carbono no solo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 66. Embrapa Solos. Rio de Janeiro. 78 pp.
- MARETEC (2012). MOHID: Descrição do MOHID. Campos dos Goytacazes: Essentia Editora. 130 pp.
- MOHIDSTUDIO (2017). Mohid Studio 2015. Disponível em <  
<http://www.actionmodulers.pt/products/mstudio/products-mohidstudio2015.shtml>  
> Acesso em : junho de 2017.
- Pessanha, C.M.D. (2012). Modelagem computacional aplicada à gestão sanitário ambiental da lagoa imboassica-RJ. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental modalidade profissional) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Macaé.
- SEA - Secretaria Estadual do Ambiente (2014). Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras: relatório síntese. Rio de Janeiro. 181p.
- Tavares, L.P.S.; Costa, J.B.; Kalas, F.A. & Lugon Jr, J. (2016). Modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Macaé utilizando o Mohid Land. V Seminário Regional de Recursos Hídricos. IFF Macaé. 13 pp.
- Telles, W.; Silva Neto, A.J. & Rodrigues, P.P.G.W. (2012). Avaliação do Sistema de Modelagem MOHID na delimitação de bacias hidrográficas. CNMAC 2012.
- UNESCO (2015). The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. UNESCO, França.
- Viviani, E; Manzato, G. (2005) Geração de Modelos Digitais de Superfície por meio de Plataformas computacionais com estrutura vetorial e raster. Ciência & Engenharia (Science & Engineering Journal). 15 (2): 27 - 34.