

Modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Macaé utilizando o MOHID Land

Macaé River Basin Hydrological Modeling Using MOHID Land

Luiza Paula da Silva Tavares^{*}
Jorge Barbosa da Costa^{**}
Francine de Almeida Kalas^{***}
Jader Lugon Junior^{****}

Os eventos de cheias urbanas se destacam como um dos desastres naturais de maior abrangência no país, com efeitos locais recorrentes nas médias e grandes cidades. A utilização de modelos computacionais de variada complexidade auxilia a compreensão da dinâmica hidrológica dos corpos hídricos em análise, além de permitir a simulação de cenários de interesse. Nessa perspectiva, o objetivo do trabalho foi construir um modelo hidrológico da bacia hidrográfica do Rio Macaé (RH-VIII) utilizando o MOHID Land e visando, posteriormente, a simulação de cenários de interesse para o controle das cheias na região. A construção do modelo hidrológico contemplou as seguintes etapas: (i) definição da área de interesse; (ii) criação de modelo digital de terreno (MDT); (iii) construção das seções transversais; (iv) delineamento da rede de drenagem da bacia hidrográfica; (v) importação dos dados de precipitação; (vi) ajuste dos Coeficientes de Manning. O modelo se mostrou adequado nos primeiros testes, precisando ainda ser calibrado e validado para aplicação prática.

Palavras-chave: Modelagem hidrológica. MOHID Land. Bacia hidrográfica. Rio Macaé.

Urban flood events stand out as one of the most comprehensive natural disasters in the country, with recurrent local effects in medium and large-sized cities. Using of computational models of varied complexity aids to understand the hydrological dynamics of the water bodies under analysis, besides allowing the simulation of interest scenarios. In this perspective, the purpose of this work was to construct a hydrological model of Macaé river basin (RH-VIII) using MOHID Land software, and aiming to simulate scenarios of interest for flood control in the region. Hydrological model construction includes the following steps: (i) definition of the interest area; (ii) creation of a digital terrain model (DTM); (iii) cross sections construction; (iv) design of the drainage network of the river basin; (v) import of precipitation data; (vi) Manning Coefficients adjustment. The model proved to be adequate in the first tests, and still needs to be calibrated and validated for practical application.

Key words: Hydrological modeling. MOHID Land. River basin. Macaé River.

^{*} Especialista em Gestão Integrada de Qualidade, Segurança, Meio Ambiente e Saúde (QSMS) pela Universidade Castelo Branco. Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) campus Macaé, Macaé/RJ - Brasil. E-mail: luizaps@gmail.com.

^{**} Especialista em Gestão Ambiental pela Faculdade da Região dos Lagos (Ferlagos). Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) campus Macaé, Macaé/RJ - Brasil. E-mail: jorgebarbosa1204@gmail.com.

^{***} Doutora em Modelagem Computacional pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Bolsista QUALITEC de Doutorado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Instituto Politécnico, Nova Friburgo/RJ - Brasil. E-mail: francine_kalas@hotmail.com.

^{****} Doutor em Modelagem Computacional pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) campus Macaé, Macaé/RJ - Brasil. E-mail: jlugonjr@gmail.com.

1 Introdução

Os eventos de cheias urbanas se destacam como um dos desastres naturais de maior abrangência no país, com efeitos locais recorrentes nas médias e grandes cidades. Só o estado do Rio de Janeiro possui 56 registros oficiais de alagamentos excepcionais caracterizados como desastre, contabilizados entre os anos de 1991 e 2012 (CEPED, 2013). O acelerado processo de urbanização constitui um dos principais fatores responsáveis pelo agravamento dos problemas relacionados às inundações nas cidades, aumentando a frequência e os níveis das cheias. A inexistência de Planos Diretores de Drenagem Urbana, capazes de equacionar os problemas de drenagem sob o ponto de vista da bacia hidrográfica, também é apontado como fator relevante para o agravamento do problema.

De acordo com o marco legal brasileiro relativo à Gestão de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97), a bacia hidrográfica constitui a unidade de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, e, portanto, unidade territorial de planejamento (BRASIL, 1997). Na perspectiva de um estudo hidrológico, a bacia hidrográfica é definida como: *uma unidade fisiográfica limitada por divisores topográficos, de forma que a área de drenagem em seu interior recebe a água precipitada, conduzindo-a até o exutório* (MIGUEZ et al., 2016). Ainda segundo os autores, suas principais características de interesse considerando o projeto de sistemas de drenagem são: (i) a área de drenagem da bacia; (ii) as linhas principais de escoamento concentrado; e (iii) o uso do solo e tipo de cobertura vegetal.

Uma das maneiras mais consagradas de avaliação do comportamento hidrológico de bacias hidrográficas consiste no desenvolvimento e aplicação de modelos de simulação hidrológica com auxílio de técnicas de mapeamento (VIOLA et al., 2009). Os modelos atuais integram os processos dos modelos hidrológicos e hidrodinâmicos em apenas uma ferramenta e muitas vezes estão também associados a Sistemas de Informação Geográfica (SIG ou GIS) (TOMINAGA, 2013). Os GIS possibilitam unificar as informações topográficas da bacia hidrográfica em um modelo digital de terreno (MDT), utilizado como base para a realização de simulações numéricas relativas aos processos hidrológicos de ocorrência na bacia hidrográfica (TELLES, 2012).

A simulação de modelos matemáticos requer a solução de sistema de equações, que demandam a utilização de ferramentas computacionais para o processamento dos cálculos (CANHOLI, 2014). Dentro dos *softwares* de modelagem computacional disponíveis para execução da modelagem hidrológica, há a plataforma MOHID, sistema de modelagem numérica tridimensional desenvolvido pelo Instituto Superior Técnico (IST) no Centro de Estudos MARETEC (*Marine and Environmental Technology Research Center*) da Universidade Técnica de Lisboa (UTL), Portugal. O MOHID Land é o núcleo executável projetado especificamente para simular a bacia hidrográfica e seus processos, tais como os fenômenos de precipitação, infiltração, *runoff* e drenagem (MOHID, 2016).

Além de auxiliar a compreensão da dinâmica hidrológica dos corpos hídricos em análise, a utilização de modelos computacionais permite a simulação de cenários de interesse, auxiliando

o processo de tomada de decisão pelos gestores (HORA et al., 2011; PESSANHA, 2012). Nessa perspectiva, o objetivo do trabalho foi construir um modelo hidrológico da bacia hidrográfica do Rio Macaé, visando à simulação de cenários de interesse para o controle das cheias no município de Macaé. A bacia situa-se em região de sucessivos eventos de inundações, com elevado contingente de habitantes afetados. No período de 1991 a 2012, quatro ocorrências foram consideradas dentre os eventos humanos de maior severidade, segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED, 2013).

2 Metodologia

O presente trabalho apresenta a descrição metodológica da construção do *modelo digital de terreno* (MDT), delineamento da rede de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Macaé (RJ) e breve descrição de demais parâmetros considerados, através da ferramenta numérica *MOHID Land*, por meio da interface gráfica *MOHID Studio*. Essa interface constitui um sistema integrado que permite gerir e criar arquivos de dados, gerar simulações e analisar os resultados do modelo (MARETEC, 2012).

2.1 Área de Estudo: Bacia Hidrográfica do Rio Macaé

A Bacia Hidrográfica Macaé e das Ostras (RH-VIII) localiza-se na faixa costeira central-norte do Estado do Rio de Janeiro, entre a Região Hidrográfica Baixo Paraíba do Sul e a Região Hidrográfica Lagos São João. É constituída pelas bacias hidrográficas dos rios Macaé, das Ostras, da Lagoa de Imboacica e de pequenos córregos e lagoas litorâneas, totalizando uma área de 1.978 km² (PLANO MACAÉ/OSTRAS, 2016).

O Rio Macaé tem sua nascente na região serrana ao norte do Estado do Rio de Janeiro, situada no município de Nova Friburgo. Envoltos pelas cadeiras montanhosas da Serra do Mar, onde nasce com altitude aproximada de 1.600 metros, o Rio Macaé percorre 136 quilômetros até desaguar no Oceano Atlântico, próximo à cidade de Macaé (MARÇAL, 2013). Na Figura 1 está representada geograficamente a região de interesse, o Rio Macaé e seus afluentes principais, bem como os municípios pertencentes à bacia hidrográfica no Estado do Rio de Janeiro.



Figura 1: Bacia Hidrográfica do Rio Macaé e das Ostras (RH-VIII)

Fonte: PLANO MACAÉ/OSTRAS (2016)

2.2 A Plataforma MOHID

O MOHID (*Water Modelling System*), sistema de modelagem numérica tridimensional, vem sendo notadamente desenvolvido e aprimorado desde 1985, por uma equipe de técnicos colaboradores do centro de investigação *Marine and Environmental Technology Research Center* (MARETEC), pertencente ao Instituto Superior Técnico integrado à Universidade Técnica de Lisboa. Iniciado como um modelo bidimensional forçado pela maré, o estágio atual do MOHID contempla uma filosofia de modelagem integrada, permitindo a utilização do modelo em suas abordagens uni, bi e tridimensional, com aplicações em diversas regiões costeiras e estuarinas (MARETEC, 2012; TELLES et al., 2012).

O programa é composto por distintas interfaces gráficas, conjunto de programas de pré e pós-processamento de dados necessários para os diferentes programas numéricos do MOHID. As principais interfaces gráficas do MOHID constituem:

- a) **MOHID GUI** (*Graphical User Interface*): interface gráfica do usuário para gerir a organização estrutural de todos os arquivos necessários para configurar uma simulação numérica do MOHID.
- b) **MOHID GIS** (*Geographic Information System*): sistema de informação geográfica capaz de gerir os dados das variáveis de tempo e espaço requeridos ou produzidos pelos programas numéricos do MOHID.
- c) **MOHID Post**: interface gráfica do usuário que exibe dados armazenados em arquivos HDF como animações na tela.
- d) **MOHID Time Series Editor**: interface gráfica do usuário que permite a visualização, de

modo rápido, dos dados das séries temporais requeridos ou produzidos por programas numéricos do MOHID (BRAUNSCHWEIG e FERNANDES, 2010).

Na interface gráfica MOHID GUI estão disponíveis as seguintes ferramentas numéricas do MOHID:

- a) **MOHID Water:** adequado à modelagem dos processos hidrodinâmicos, simulação de fenômenos de dispersão, propagação de ondas, transporte de sedimentos, qualidade da água/processos biogeoquímicos na coluna d'água e trocas com o fundo;
- b) **MOHID Land:** projetado para simular bacia hidrográfica e aquíferos;
- c) **MOHID River:** Network: que permite a simulação de redes hidrográficas;
- d) **MOHID Soil:** que simula o fluxo de água através de meios porosos (MOHID, 2016).

A integração dessas ferramentas permite estudar o ciclo da água em uma abordagem integrada, possibilitando inclusive a gestão da bacia e a simulação de inundações, por exemplo, através da integração do *MOHID Water e Land* pelo módulo descargas (MOHID, 2016). O fluxograma a seguir (Figura 2) correlaciona as interfaces gráficas presentes na plataforma MOHID, bem como as ferramentas numéricas utilizadas nas simulações.

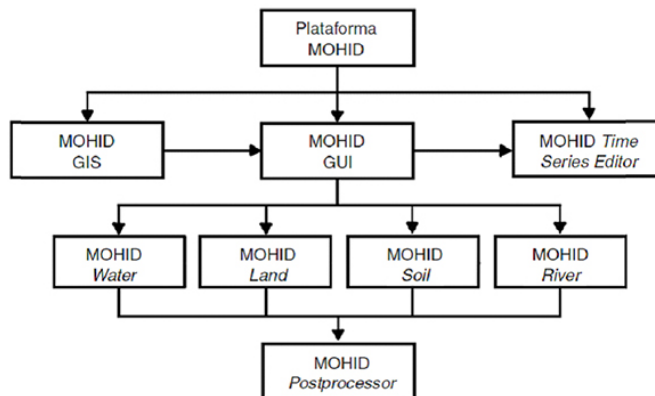


Figura 2: Fluxograma da Plataforma MOHID

Fonte: MOHID (2016)

2.3 Etapas da construção do modelo

A construção do modelo hidrológico da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras pelo *MOHID Land* iniciou-se pela modelagem simplificada da bacia, visando sua complementação posterior em complexidade. A proposta consistiu na criação de um projeto de simulação hidrológica de inundação de uma bacia hidrográfica permeável, contemplando as etapas de (i) *definição da área de interesse*; (ii) *criação de modelo digital de terreno (MDT)*; (iii) *construção das seções transversais*; (iv) *delineamento da rede de drenagem da bacia hidrográfica*; (v) *importação dos dados de precipitação*; (vi) *ajuste dos Coeficientes de Manning*.

2.4 Localização da área de interesse

A localização da bacia hidrográfica foi realizada através do Bing Aerial, mapa importado diretamente pela interface GIS do MOHID *Studio*. O processo iniciou-se pela identificação de seu exutório da bacia junto à região estuarina, e foi concluído com a identificação da região de Nova Friburgo, pontos considerados de referência para a delimitação da bacia (Figura 3).

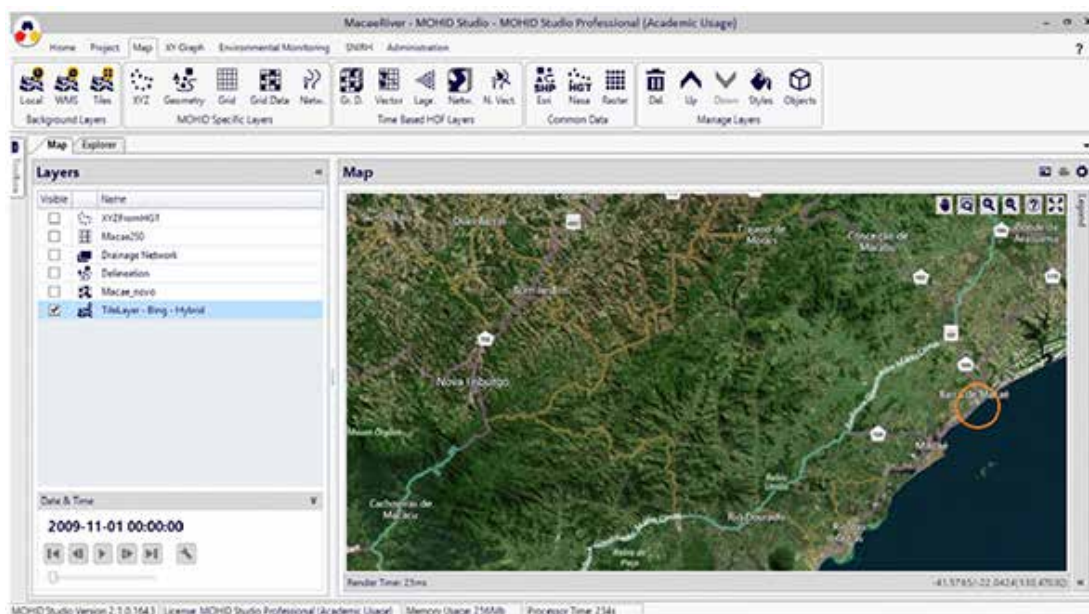


Figura 3: Identificação do Exutório da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé no MOHID Studio

Fonte: Autores (2016)

2.5 Criação do modelo digital de terreno (MDT)

O modelo digital de terreno é uma representação matemática da distribuição espacial da característica de um fenômeno vinculada a uma superfície real. A superfície é em geral contínua e o fenômeno que representa pode ser variado (BURROUGH, 1986). Para a representação de uma superfície real através do computador é fundamental a criação de um modelo digital, que pode ser obtido por meio de equações analíticas ou por uma rede de pontos na forma de uma grade, ou *grid* (VIVIANI e MANZATO, 2005). A criação de um MDT na interface MOHID GIS requer: (i) a construção de um *grid* horizontal; (ii) a importação de dados de elevação de terreno; e (iii) a delimitação poligonal de áreas não consideradas na modelagem (BRAUNSCHWEIG et al., 2013).

A construção do terreno digital foi estruturada em *grid* horizontal com células de 0.250 minutos, aproximadamente 250 metros. Após definidas as especificações de tamanho das células, o *grid* foi então projetado sobre a área de interesse, conforme apresentado na Figura 4. Os *grids* são

arquivos que definem uma grade espacial e os respectivos valores da célula central, utilizados nas ferramentas numéricas do MOHID (BRAUNSCHWEIG e FERNANDES, 2010).

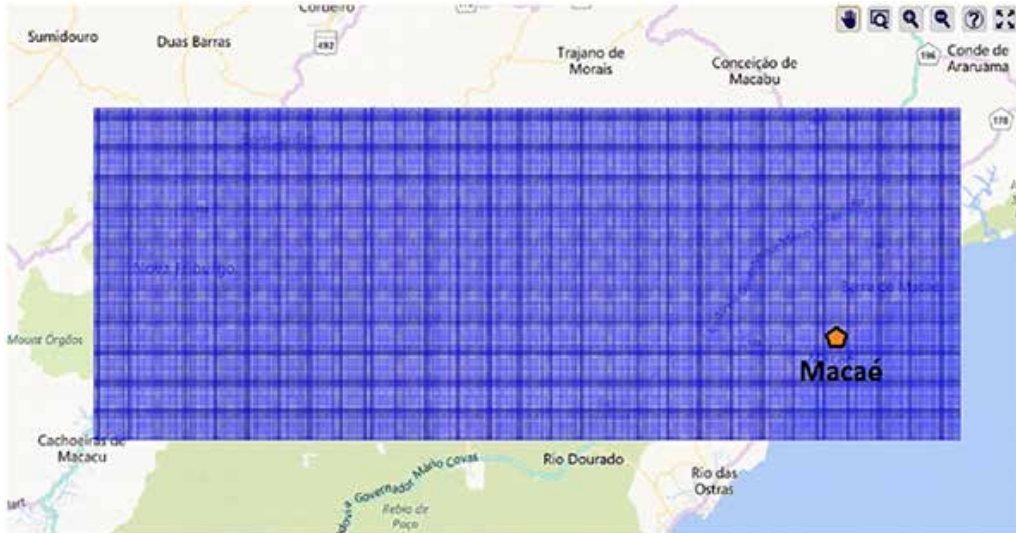


Figura 4: Discretização espacial da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé

Fonte: Autores (2016)

Para a geração do MDT, também é necessária a obtenção de informações altimétricas do terreno, que configurem o contexto geomorfológico do mesmo. A aquisição destes dados pode ser realizada por levantamentos de campo, digitalização de mapas, medidas fotogramétricas a partir de modelos estereoscópicos ou dados altimétricos adquiridos por meio de receptores GPS e satélites (VIVIANI e MANZATO, 2005; GONÇALVES et al., 2003). O *MOHID Land* utiliza arquivos de topografia como dados de elevação de terreno (BRAUNSCHWEIG e FERNANDES, 2010).

As informações topográficas da bacia hidrográfica do Rio Macaé foram obtidas por meio da série de dados do TOPODATA. O projeto Topodata, do Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais (INPE), oferece um modelo digital de elevação (MDE) elaborado a partir dos dados SRTM (*Shutter Radar Topography Mission*) da NASA, refinados para a resolução de 30m (VALERIANO, 2005). A obtenção dos dados foi realizada a partir da seleção da folha de interesse, na lista de arquivos disponíveis para a mesma, através do acesso respectivo ao conjunto de arquivos na extensão ASCII, coordenadas XYZ.

Para tornar os arquivos topográficos do *grid* apropriados ao *MOHID Land*, eles devem ser livres de depressões. Esse procedimento é considerado crucial no desenvolver do modelo, possibilitando que o terreno digital se assemelhe com o meio físico, e evitando, assim, o surgimento/desaparecimento de canais na rede de drenagem ou, até mesmo, locais de armazenamento indevidos. Na versão *MOHID Studio*, a remoção de depressões é realizada de maneira iterativa. Nele, cada célula do arquivo contendo o MDT é analisada considerando-se as células vizinhas, evitando a criação de depressões inexistentes no meio físico como, por exemplo, sumidouros que possam aparecer no arquivo digital (TELLES et al., 2012).

Por fim, foi realizada a delimitação poligonal de áreas não consideradas na modelagem, tais como regiões de águas costeiras e estuarinas que não pertencem à bacia hidrográfica em análise e precisam ser removidos do MDT final (BRAUNSCHWEIG et al., 2013). A delimitação dos polígonos foi realizada de acordo com a rotina do *MOHID Studio*. O procedimento é realizado de maneira manual, através da definição dos pontos limites dos corpos hídricos que não deverão ser computados no modelo. Ao final da seleção, o *MOHID Studio* gera automaticamente os polígonos formados pelos pontos.

2.6 Construção das seções transversais

A construção das seções transversais constitui etapa fundamental ao cálculo da vazão de um canal, obtido através do produto da velocidade de fluxo pela área da seção transversal (FREITAS, 2011). A seção transversal ou seção molhada do canal representa tanto as dimensões de sua área quanto a sua própria forma, vistas pelos valores mensurados de largura e profundidades do canal. A seção transversal de um rio ou de um canal se diferencia pela regularidade de sua forma. As seções transversais de rios apresentam formas irregulares, que tendem a se modificar com o tempo, em função de processos de sedimentação ou de erosão (MIGUEZ et al., 2016).

No presente trabalho, as seções transversais da rede de drenagem foram obtidas do documento Diagnóstico da Bacia Hidrográfica, elaborado em 2011 pela Universidade Candido Mendes e patrocinado pela Petrobras. O estudo analisou vinte e quatro seções transversais, selecionadas e mensuradas em campo, as quais serviram como referência espacial para a obtenção de parâmetros físicos ao longo do Rio Macaé (FREITAS, 2011).

De posse dos respectivos valores, a construção das seções transversais no *MOHID Studio* foi executada por meio da ferramenta *Cross Section Definition*. A ferramenta possibilita a construção de seções transversais através de duas formas distintas: relacionadas ao número de *Strahler* ou à área drenada, sendo de geometria trapezoidal. Para essa finalidade, é necessário informar a largura do topo, do fundo e altura da seção para cada um dos números de *Strahler* contidos na rede ou para as áreas drenadas, conforme escolha do usuário. No presente estudo, as seções irregulares obtidas no diagnóstico ambiental foram adaptadas ao formato trapezoidal por aproximação.

2.7 Preparação dos dados de entrada (precipitação):

A preparação dos dados de precipitação ocorreu utilizando-se séries de dados pluviométricos das estações presentes na bacia hidrográfica, fornecidas pelo INEA, descrevendo um padrão de chuva variável no modelo. As seguintes estações foram consideradas: Barra do Sana; Fazenda Airis; Galdinópolis; Glicério; Jundiá; Macaé de Cima; Piller; Ponte do Baião; e São Pedro.

2.8 Ajuste dos Coeficientes de Manning

O modelo desenvolvido no presente trabalho é permeável e considerou características da vegetação presente na bacia hidrográfica. Tanto a permeabilidade do terreno quanto as características da vegetação foram ajustadas através do coeficiente de rugosidade de *Manning*, aplicados tanto para o solo quanto para a vegetação. De acordo com a teoria do escoamento em canais abertos, o coeficiente de rugosidade de *Manning* é um dos principais parâmetros para descrição da vazão sobre uma superfície (LYRA et al., 2010).

2.9 Delineamento da rede de drenagem da bacia hidrográfica

O delineamento ocorreu utilizando a rotina apropriada do *MOHID Land*, gerando o padrão apresentado na Figura 5.



Figura 5: Delineamento da rede de drenagem e delimitação da bacia hidrográfica

Fonte: Autores (2016)

3 Resultados e discussão

O modelo elaborado se mostrou adequado nos primeiros testes, precisando ainda ser calibrado e validado para aplicação prática. As figuras 6 e 7 expõem, respectivamente, o hidrograma, e o gráfico com a variação da velocidade e nível, ambas localizadas na região do estuário (exutório). A Figura 8 apresenta o aspecto final da modelagem, expondo a rede de drenagem, a delimitação da bacia e o Modelo Digital do Terreno (MDT).

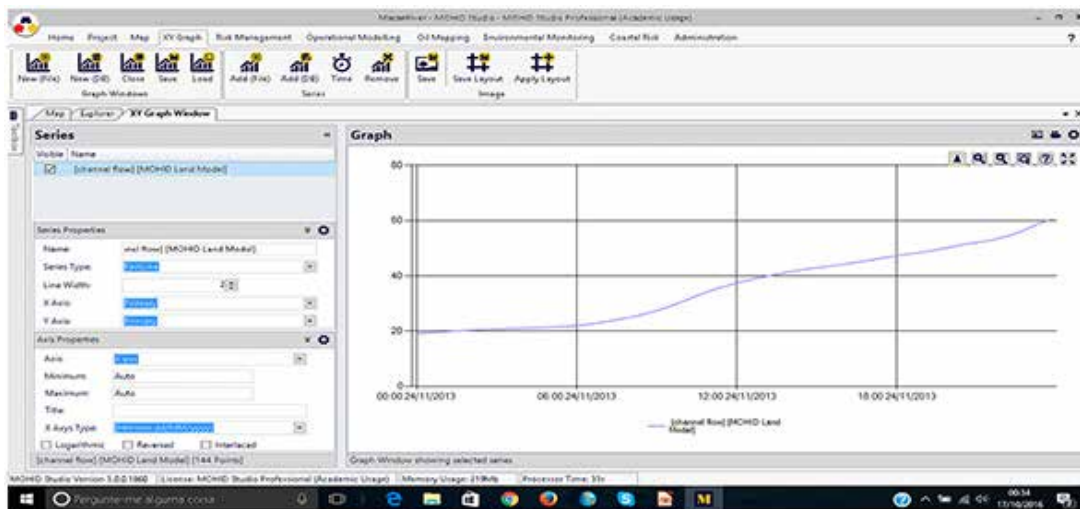


Figura 6: Hidrograma calculado no estuário do Rio Macaé

Fonte: Autores (2017)

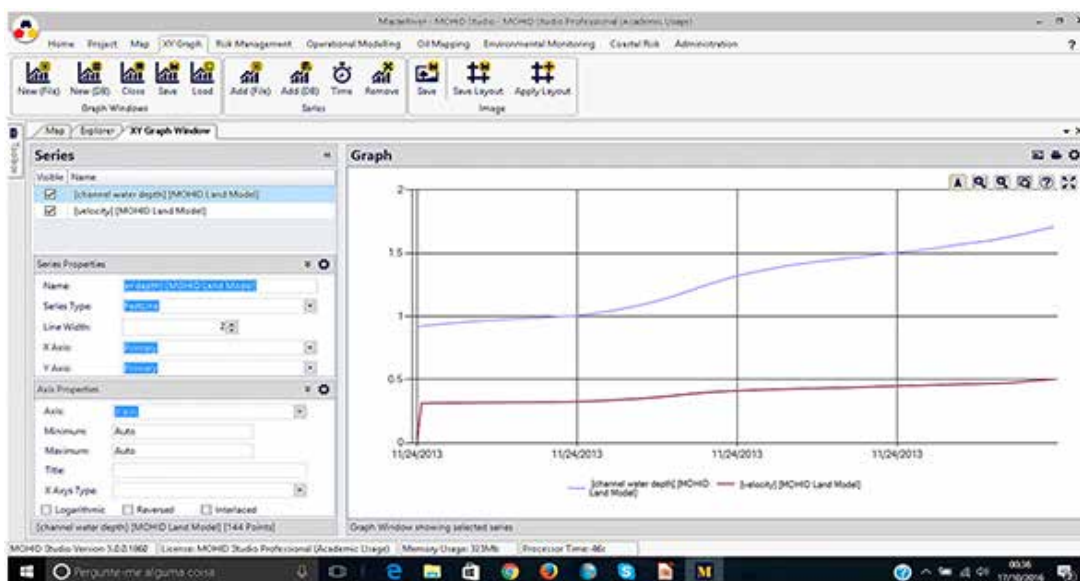


Figura 7: Gráfico da variação da velocidade e nível no estuário do Rio Macaé

Fonte: Autores (2016)

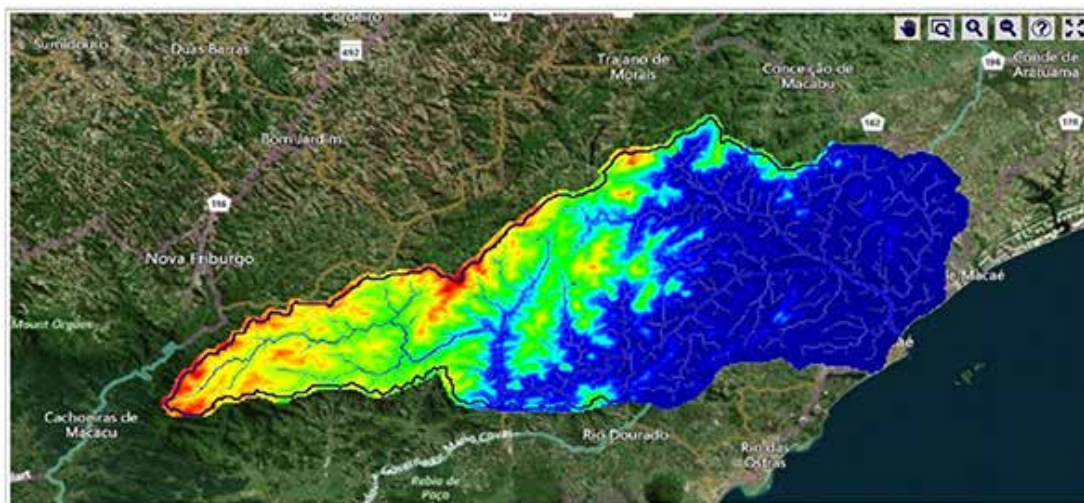


Figura 8: Delimitação da Bacia, Rede de Drenagem e Modelo Digital do Terreno da bacia hidrográfica do Rio Macaé

Fonte: Autores (2016)

4 Considerações finais

O modelo elaborado ainda precisa ser devidamente calibrado e validado em um segundo momento, o que será viabilizado a partir da importação das séries históricas de dados pluviométricos das estações hidrológicas da HIDROWEB, da Agência Nacional de Águas.

| 179 |

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio recebido do Instituto Federal Fluminense (IFFluminense), da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997.

BRAUNSCHWEIG, F.; FERNANDES, L. *MOHID: Interfaces gráficas do usuário: manual do usuário*. Tradução de Bianca Cordeiro Freire e Haydda Manolla Chaves da Hora; revisão da

tradução para língua portuguesa: Edson Carlos Nascimento; revisão técnica: Jader Lugon Jr. Campos dos Goytacazes : Essentia Editora, 2010.

BRAUNSCHWEIG, F.; FERNANDES, L.; BRITO, D. *MOHID Studio Quick Start Guide for MOHID Land: User Guide for setting up MOHID Land Projects with MOHID Studio Professional Edition. Draft. Action Modulers*, 2013.

BURROUGH, P. A. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. New York: Oxford University Press, 1986.

CANHOLI, A. P. *Drenagem urbana e controle de enchentes*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CEPED UFSC. *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais de 1991 a 2012*. 2. ed. rev. e ampl. 2013.

FREITAS. *Diagnóstico Socioambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé*. Projeto Macaé Rio Sustentável. Universidade Cândido Mendes, 2011.

GAROFALO, D.; LISENBERG, V. Análise comparativa da informação altimétrica presente nos modelos digitais de elevação ASTER GDEM 1 e 2, SRTM e TOPODATA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 17., 2015, João Pessoa-PB. *Anais ...* São José dos Campos : INPE, 2015.

GONÇALVES, M.; CARVALHO, C.; VIEIRA, A. Geração de Modelo Digital de Terreno a partir de Mapas Digitais 3D: estudo de caso visando garantir o contexto geomorfológico com redução dos dados amostrais. *Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos*, Curitiba, v. 9, n. 1, p.105-119, 2003.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

HORA, H. M. C. et al. Modelagem computacional como ferramenta de gerenciamento dos recursos hídricos: uma alternativa para abordagem de problemas de usos múltiplos. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 5, n. 1, p. 71-87, jan./jun. 2011.

LYRA, G. B. et al. Coeficiente de rugosidade de Manning para o rio Paracatu. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 4, p. 343–350, 2010.

MARÇAL, M. Análise das Mudanças Morfológicas em seções transversais ao Rio Macaé/RJ. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 14, n. 1, 2013.

MARETEC, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. *Descrição do MOHID*. Tradução: Pedro Paulo Gomes Watts Rodrigues. Revisão da tradução para a língua portuguesa: Edson Carlos Nascimento. Revisão técnica: Jader Lugon Jr. Campos dos Goytacazes: Essentia Editora, 2012.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. *Drenagem Urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

MOHID *Modelling Water Resources*. Disponível em: <www.mohid.com/>. Acesso em: 14 set. 2016.

PESSANHA, Cassius Marcelo Dutra. *Modelagem computacional aplicada à gestão sanitário-ambiental da lagoa Imboassica-RJ*. 2012. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental modalidade profissional) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Macaé, 2012.

PLANO MACAÉ / OSTRAS. Disponível em: <http://www.planomacaeostras.com/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=43>. Acesso em: 25 set. 2016.

SILVA-TAVARES, L. P.; SILVA, J. A. F.; LUGON JR., J. Estudo de propostas de mitigação de cheias como subsídio ao plano de recursos hídricos da Região Hidrográfica VIII – RJ. In: SEMINÁRIO REGIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, 5., 2016, Macaé.

TELLES, W. R.; SILVA NETO, A. J.; RODRIGUES, P. P. G. W. Avaliação do Sistema de Modelagem MOHID na delimitação de bacias hidrográficas. In: CONGRESSO DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 2012, Natal/RN. *Anais...* Natal/RN: CMAC, 2012.

TOMINAGA, E. N. de S. *Urbanização e Cheias: medidas de controle na fonte*. 2013. 137f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, São Paulo, 2013.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia, GO. *Anais ...* São José dos Campos : INPE, 2005. p. 1-8.

| 181 |

VIOLA, M. R.; MELLO, C. R.; ACERBI JR., F. W. et al. Modelagem Hidrológica na bacia hidrográfica do Rio Aiuruoca, MG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 5, p. 581-590, 2009.

VIVIANI, E; MANZATO, G. Geração de Modelos Digitais de Superfície por meio de Plataformas computacionais com estrutura vetorial e raster. *Ciência & Engenharia (Science & Engineering Journal)*, v. 15, n. 2, p. 27-34, 2005.