

PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÕES DO MGB-IPH INTEGRADO AO SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS: Suporte para o usuário

*Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga¹, Celso Augusto Guimarães²,
Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga³, Francisco de Assis dos Reis Barbosa⁴*

RESUMO --- O presente artigo apresenta o processamento de informações do modelo distribuído MGB-IPH (Modelo de Grandes Bacias do Instituto de Pesquisas Hidráulicas) integrado ao Sistema Nacional sobre Recursos Hídricos (SNIRH) com o objetivo de dar suporte ao usuário. Para integrar o modelo ao SNIRH utilizou-se a ferramenta *OpenJUMP* que é uma plataforma SIG. O modelo MGB-IPH integrado ao SNRH permite simular vazões para grandes bacias em uma nova interface gráfica. Esta interface gráfica integrada ao SNIRH ajudará o usuário final nos processos de calibração e validação do modelo.

ABSTRACT --- The present article presents the processing of information for the distributed MGB-IPH model (Model for Large Basins of the Hydraulics Research Institute) integrated to the National System of Water Resources (SNIRH) with the objective to give support to the model user. In order to integrate the model to the SNIRH, it was used the *OpenJUMP* tool that is a GIS platform. The MGB-IPH model integrated to the SNRH allows simulating outflows for large basins in a new graphical interface. This graphical interface integrated to the SNIRH will help the final user in the model calibration and validation processes.

Palavras-chave: modelagem, SNIRH, MGB-IPH.

1) Universidade Federal da Paraíba – Centro de Tecnologia – Laboratório de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental (UFPB/CT/LARHENA) - Campus universitário, 58051-900 João Pessoa – PB - e-mail: isabelleyruska@yahoo.com.br

2) UFPB/CT/LARHENA - e-mail: celso@ct.ufpb.br

3) UFPB/CT/LARHENA - e-mail: anacmedeiros@yahoo.com.br

4) UFPB/CT/LARHENA - e-mail: chico_civil@yahoo.com.br

1 – INTRODUÇÃO

Os modelos hidrológicos distribuídos têm como características principais a representação da bacia em unidades elementares, em que são representados os processos de transformação chuva-vazão, infiltração, evapotranspiração, armazenamento nos compartimentos do solo e escoamento até a rede de drenagem. Variações das formulações e simplificações na parametrização de cada processo ocorrem entre os diversos modelos distribuídos referidos na literatura, mas a maioria deles utiliza uma grade retangular para a discretização da bacia. Em bacias de grande escala, a propagação do escoamento resultante de cada elemento ao longo da rede de drenagem pode ser o fator dominante da forma e tempo de deslocamento do hidrograma de saída (MA & FUKUSHIMA, 2002 *apud* PAZ & COLLISHONN, 2008). Jenson & Domingue (1988 *apud* PAZ & COLLISHONN, 2008) enfatizam ainda que a determinação das direções de fluxo a partir do Modelo Numérico do Terreno (MNT) estabelece uma interconexão entre as células.

O Modelo Hidrológico Distribuído de Grandes Bacias do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (MGB-IPH, COLLISCHONN, 2001) foi desenvolvido para a simulação de grandes bacias, sendo utilizado como ferramenta na simulação do regime hidrológico e na avaliação dos efeitos em macro-escala de diferentes percentuais de usos de água superficial e subterrânea sobre o escoamento no rio. A partir dos cenários de usos simulados no modelo, procura-se definir critérios de outorga integrada dos recursos hídricos na bacia em estudo (COLLISCHONN, 2001; SILVA, 2007).

Como um modelo distribuído, o MGB-IPH consegue captar as variabilidades físicas da bacia, como solo e vegetação, considerando diferentes parâmetros na área que simulam o escoamento gerado ao longo do tempo. O modelo possui diversos módulos para representar processos hidrológicos internos às células, como evapotranspiração, interceptação, balanço hídrico no solo, etc (COLLISCHONN & TUCCI, 2001; PAZ & COLLISCHONN, 2007).

O modelo MGB-IPH é um dos modelos que integram o Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SNIRH), formado por quatro redes de pesquisas que tem como objetivos reunir, dar consistência e divulgar dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil, permitindo a atualização permanente das informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional. A Rede 3 é a rede do SNIRH responsável pela integração de modelos chuva-vazão no sistema.

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é “um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão”. Prevê-se ainda na referida lei que os dados gerados pelos órgãos integrantes do Sistema

Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) serão incorporados ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (ALMEIDA *et al.*, 2007).

Os modelos hidrológicos do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) podem ser aplicados a várias bacias, sejam elas pequenas ou grandes. Para grandes bacias deverá ser utilizado o modelo hidrológico MGB-IPH. Dessa forma, o presente trabalho aborda o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), o modelo hidrológico distribuído utilizado para grandes bacias e o pré-processamento que antecede a utilização do modelo.

2 – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS (SNIRH)

A Rede 3 do SNIRH tem como desafio principal acoplar modelos hidrológicos chuva-vazão distribuídos e concentrados, em várias escalas temporais, para disponibilização pública. Um dos modelos eleitos é o MGB-IPH que utilizará a base do SNIRH como referência para obtenção dos dados de entrada e características físicas para a seção selecionada, de forma que todas as informações sejam hidrorreferenciadas. Para cada seção de rio selecionada no SNIRH, uma sub-bacia hidrográfica será gerada e mapas temáticos poderão ser superpostos, a fim de gerar os arquivos de entrada para cada modelo chuva-vazão específico (ALMEIDA *et al.*, 2008).

O SNIRH é composto por uma rede integrada de Instituições Federais de Ensino Superior. As Redes que compõem o SNIRH têm como metas principais: Rede 1 – Proposição de normas e padrões para as atividades de monitoramento de recursos hídricos e para a densificação da informação na base Hidro da Agência Nacional de Águas (ANA) para apoio ao SNIRH; Rede 2 – Estudos de regionalização de vazões para apoio ao SNIRH; Rede 3 – Pesquisa e desenvolvimento para integração de modelos chuva-vazão ao SNIRH; e a Rede 4 – Construção de sistema generalizado para reconstituição de vazões naturais médias mensais em bacias hidrográficas para apoio ao SNIRH. A Rede 3 trabalha essencialmente na integração de modelos chuva-vazão para disponibilização pública (SANTOS *et al.*, 2008).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 – Área de Estudo

A sub-bacia 37 drena uma região de aproximadamente 8.050 km², tendo seus limites no posto fluviométrico de Sítio Vassouras (lat. 6°43' e long. 37°48'), apresentando algumas sub-bacias, tais como Piancó (4.550 km²), Emas (530 km²) e Aguiar (495 km²). A região apresenta um clima semi-árido, composta por uma elevada variabilidade interanual da precipitação. A precipitação média anual é aproximadamente 900 mm distribuída irregularmente no tempo e no espaço, com

chuvas concentradas nos meses de janeiro a maio com períodos escassos de água. Os rios da região possuem como característica marcante a intermitência, resultante desse regime pluviométrico irregular e demais características da região (Figura 1).

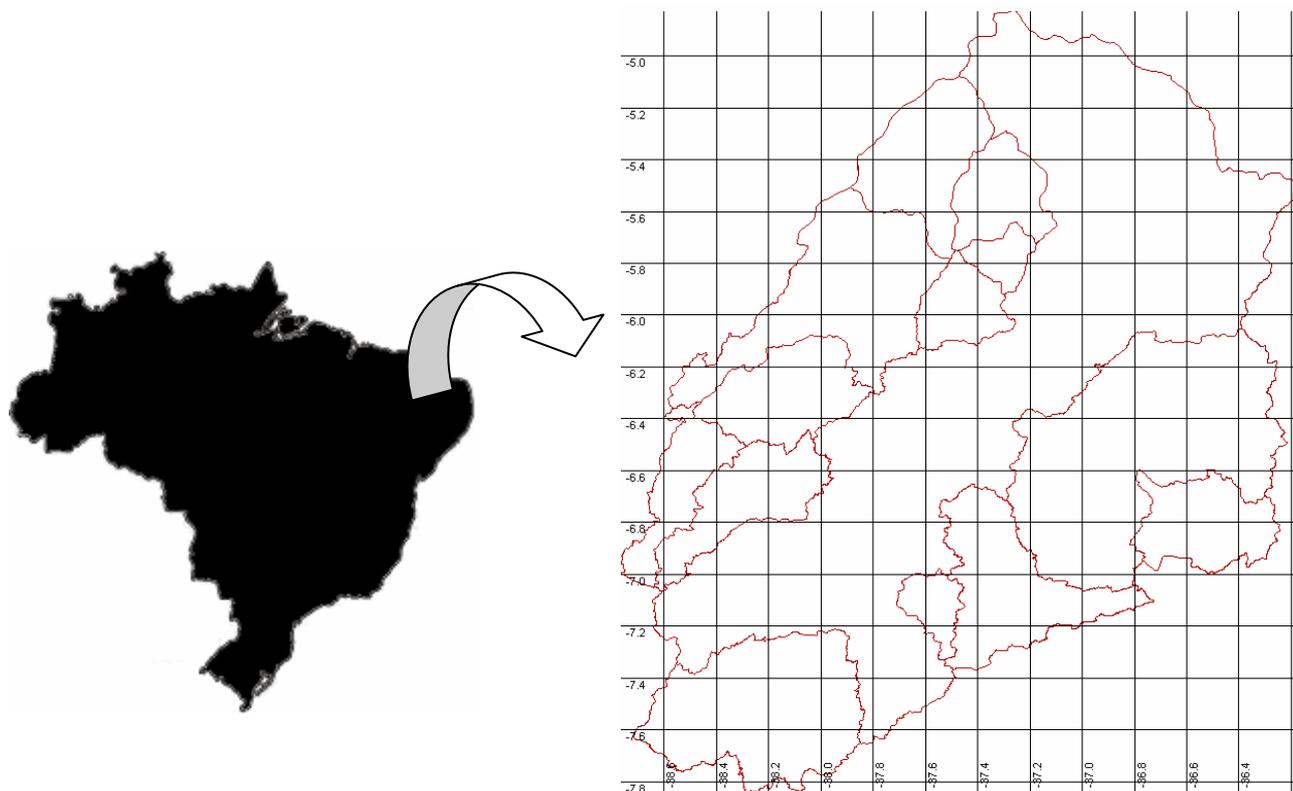


Figura 1 – Localização da Sub-bacia 37.

Os solos da região são rasos compostos por rochas aflorantes. A vegetação dominante na região é a caatinga, do tipo arbórea aberta, apresentando agricultura de cultura cíclica com uma maior concentração na região norte, observando presenças esparsas ao sul. A bacia apresenta um elevado índice de degradação por interferência do homem (agricultura e pastagens) atingindo um nível de intervenção antrópica de aproximadamente 80% da área total.

Na área de estudo existe um elevado índice de evaporação, com taxa potencial do tanque Classe A assumindo o valor de 1.554,4 mm por ano (tomando como referência o posto São Gonçalo) e admitindo que o coeficiente do tanque é 0,75. O clima da região apresenta temperaturas médias mensais em torno de 26,3°C. As variações mensais da temperatura não são grandes se comparadas à ordem de variabilidade da precipitação. Entretanto, esta variação na temperatura provoca mudanças nas variáveis climáticas, principalmente a evaporação. Os meses com maiores concentrações de calor estão situados entre setembro e janeiro, que inclusive possuem menores umidades relativas do ar e menor precipitação.

3.2 – Modelo Hidrológico

A área da bacia é dividida em células quadradas que se conectam pela rede de drenagem. As células são subdivididas segundo o percentual de grupo dentro de sua área formando blocos, nos quais é realizado o balanço de água vertical e então se tem um escoamento gerado. O balanço hídrico no solo é realizado em cada bloco e o escoamento no interior das células é obtido integrando a contribuição dos blocos e propagando a vazão em reservatórios lineares simples, de acordo com o descrito por Collischonn (2001). Este balanço de água vertical é realizado para cada bloco através do uso de características e parâmetros como o armazenamento máximo no solo e o índice de área foliar (IAF) da vegetação. Ao chegar à rede de drenagem, o escoamento é propagado e somado de acordo com o caminhamento dos rios, e os hidrogramas de vazão podem então ser gerados no exutório da bacia ou em outro ponto de interesse ao longo da rede de drenagem.

As equações que regem o modelo e sua estrutura foram baseadas nos modelos LARSIM (BREMICKER, 1998 *apud* COLLISCHONN, 2001) e VIC-2L (WOOD *et al.*, 1992; LIANG *et al.*, 1994; ABDULLA e LETTENMAIER, 1997; LOHMANN *et al.*, 1998). O módulo de evapotranspiração foi desenvolvido de acordo com os textos de Shuttleworth (1993) e Wigmosta *et al.*, (1994). Para a propagação da vazão na rede de drenagem, foi utilizada a metodologia de Muskingun-Cunge, vastamente utilizada na hidrologia, na forma descrita por Tucci (1998).

3.3 – Pré-processamento de Dados

Para entrada no modelo MGB-IPH, é necessário realizar um pré-processamento de dados. A ferramenta IDRISI (EASTMAN, 1998) foi utilizada para o tratamento e classificação das imagens que podem ser obtidas a partir de fontes como imagens de satélites, mapas de tipos de solos, modelos numéricos do terreno, séries históricas de vazões nos rios e de variáveis hidroclimáticas como a precipitação, a temperatura, a radiação solar, a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e a pressão atmosférica. O comprimento e a declividade correspondentes do rio foram extraídos baseados nos produtos derivados do Modelo Numérico do Terreno (MNT).

O MNT utilizado é o que é disponibilizado gratuitamente pelo CSI-Geoportal, na página eletrônica <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>. Para a modelagem hidrológica foram utilizadas células de 5 km × 5 km e MNT de resolução 100 m × 100 m, o que torna a simulação praticável por questões de limitação computacional. Segundo Paz *et al.* (2005 *apud* JENSON & DOMINGUE, 1988), um dos planos de informação que alimentam o modelo hidrológico consiste nas direções de fluxo de cada célula. Um procedimento simples consiste em agregar as informações do MNT de alta resolução e gerar um MNT de baixa resolução – resolução

igual àquela adotada na modelagem hidrológica – e a partir deste MNT gerar as direções de fluxo. Maiores informações sobre a metodologia utilizada neste trabalho consultar Paz *et al.* (2005).

As rotinas utilizadas no pré-processamento e o manual do MGB-GIS foram desenvolvidos no IPH e estão disponíveis no endereço eletrônico: <http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/MGB-IPH/MGB.html>. As rotinas foram utilizadas para (1) obter as direções de fluxo das células a partir do MNT; (2) remover as depressões do MNT; (3) determinar a área da bacia de drenagem; (4) determinar as direções de fluxo e da rede de drenagem na bacia; (5) obter os comprimentos e declividades dos trechos de rio; (6) delimitar a bacia; (8) ordenar hierarquicamente as células para a simulação; (9) agregar informações em várias resoluções. A Figura 2 apresenta alguns produtos do pré-processamento utilizando as rotinas do IPH, para maiores informações consultar o Manual do Usuário MGB-GIS (2008).

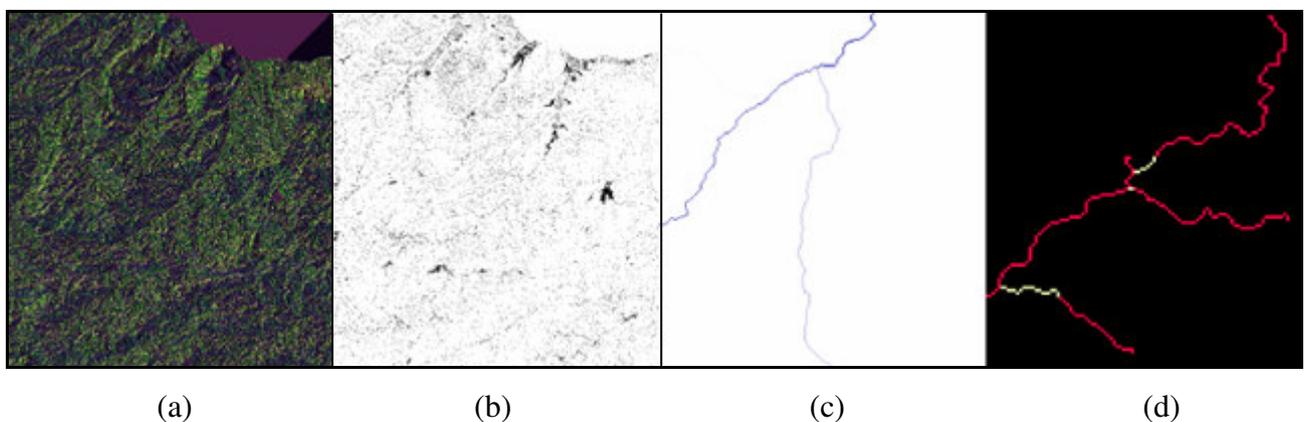


Figura 2 – Imagem raster com (a) direções de fluxo de alta resolução gerada pela rotina MNTAlta4A; (b) representação da diferença entre o MNT original e o MNT com depressões removidas; (c) áreas acumuladas de drenagem com aplicação de zoom gerada pela rotina AreaAcu; (d) traçado total dos trechos de rio, diferenciando os sub-trechos de montando e jusante gerada pela rotina Trechos5b.

O produto gerado na rotina Drenagem não gera arquivo vetorial para entrada no módulo MGB-IPH, mas a partir do arquivo drenagem, a rede de drenagem pode ser facilmente verificada e corrigida, caso seja observado alguma célula com direção divergente da realidade (Figura 3).

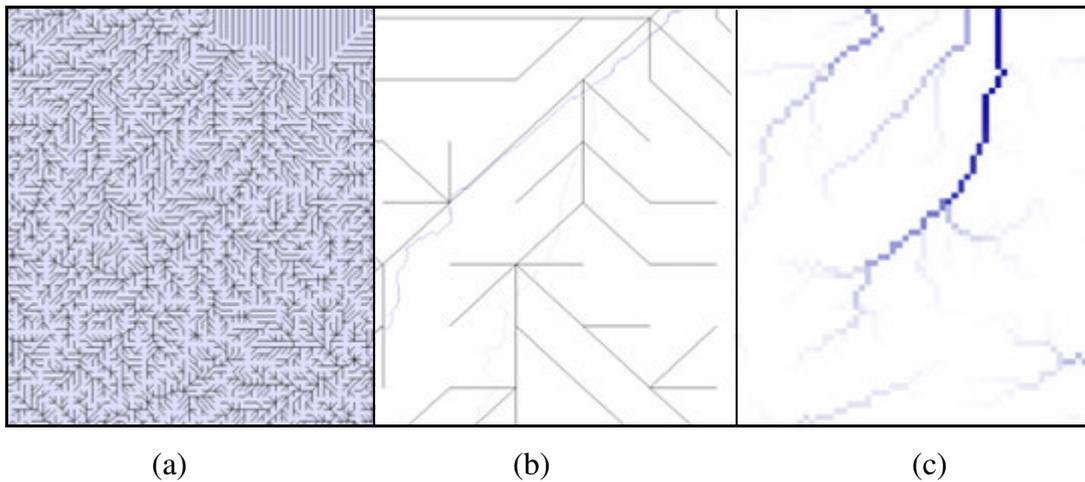


Figura 3: (a) Rede de drenagem gerada a partir da rotina Drenagem; (b) superposição da rede de drenagem vetorial com a imagem de alta resolução das áreas de drenagem acumuladas; (c) áreas acumuladas de baixa resolução utilizando a rotina AreaAcu.

De acordo com Paz (2008), o estabelecimento das sub-bacias é realizado segundo alguns critérios: (1) objetivo do estudo; (2) localização de aproveitamentos hidroelétricos; (3) localização de postos fluviométricos com dados disponíveis, dentre outros. A delimitação das sub-bacias é realizada através da rotina Delbacia. A Figura 4 apresenta a delimitação das bacias da Sub-bacia 37.

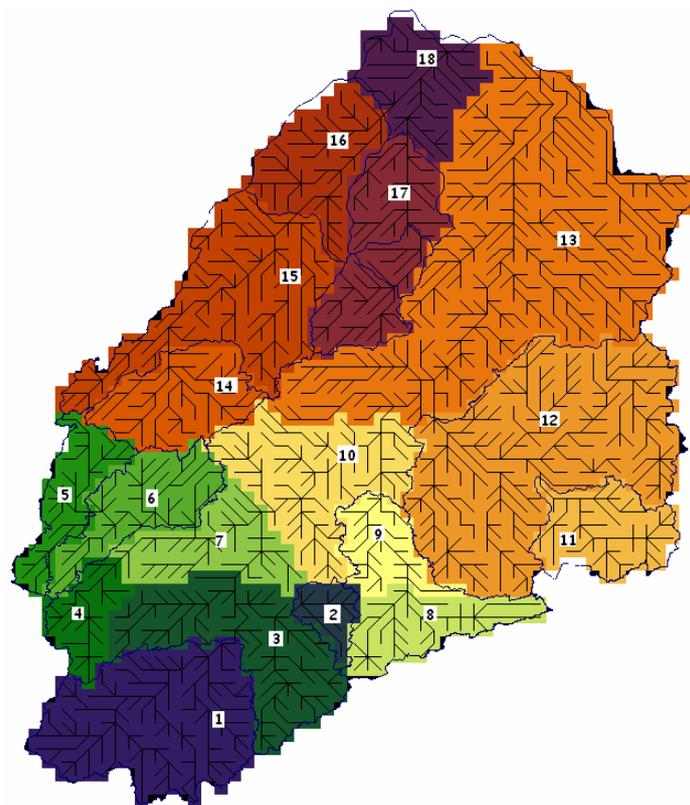


Figura 4– Imagem raster de baixa resolução com a numeração e delimitação das bacias da Sub-bacia 37 com superposição da rede de drenagem vetorial.

Uma etapa importante do pré-processamento é a verificação e correção dos comprimentos e declividades dos trechos de rio que devem ser analisados anteriormente à entrada no modelo hidrológico MGB-IPH. Paz (2008) enfatiza ainda que esta análise possa ser realizada visualmente, observando-se os trechos considerados pelo algoritmo da Figura 2d ou superpondo-se diferentes planos de informações.

A rotina anterior à utilização do MGB-IPH é a rotina Prepara, em que devem estar contidos os seguintes arquivos gerados no pré-processamento: (1) acum, referente à área de baixa resolução; (2) bacias, arquivo das sub-bacias geradas; (3) blocos, arquivo referente às camadas de solos; (4) FLD1; (5) MNTalta, arquivo de alta resolução; (6) decliv; (7) trechos; (8) prehig, arquivo de preparação de dados manualmente gerado. Com o arquivo de saída da rotina Prepara é gerado o arquivo Cell.hig, um dos arquivos de entrada do MGB-IPH.

De acordo com Paz (2008), os arquivos de entrada no modelo hidrológico são (1) dados pluviométricos; (2) dados meteorológicos; (3) dados de vazão observada; (4) arquivo Cell.hig, arquivo com informações sobre as células, gerado no pré-processamento; arquivo (5) Parhig.hig, arquivo com informações gerais sobre a simulação; (6) arquivo Paruso.hig, arquivo com os parâmetros utilizados na calibração; (7) arquivo Albiag.hig, que contém informações sobre o índice de área foliar, altura da vegetação, resistência superficial e albedo. Os arquivos (5), (6) e (7) são arquivos de dados manualmente inseridos pelo usuário do modelo.

4 – APLICAÇÃO NO SNIRH

A escolha do modelo MGB-IPH para integração ao SNIRH foi baseada em critérios de seleção em que foram considerados, dentre outros aspectos, (1) facilidade de implementação; (2) aplicação em bacias hidrográficas que apresentam características diversas, bem como compatibilidade com a base hidrográfica Otto-codificada que vem sendo aprimorada pela Agência Nacional de Águas (ANA), ajustada às necessidades de integração com banco de dados espaciais. Entretanto, talvez ele não seja de tão fácil utilização.

O modelo MGB-IPH tem o seu código-fonte FORTRAN, o qual foi modificado com a intenção de disponibilizar uma melhor interface gráfica ao usuário. Para criar a interface gráfica do MGB-IPH foi utilizada a plataforma SIG *OpenJUMP*, a qual possui código-fonte aberto disponível no seguinte endereço eletrônico: <http://www.openjump.org>.

Ao executar o SIG *OpenJUMP*, aparecerá um plugin no menu principal do programa com o nome SNIRH. Ao clicar no ícone correspondente, o usuário escolherá a opção “modelos” e em seguida o modelo que deseja utilizar para seu estudo, no caso o MGB-IPH. A Figura 5 apresenta a tela principal do modelo MGB-IPH e a barra de *menu* de ferramenta.

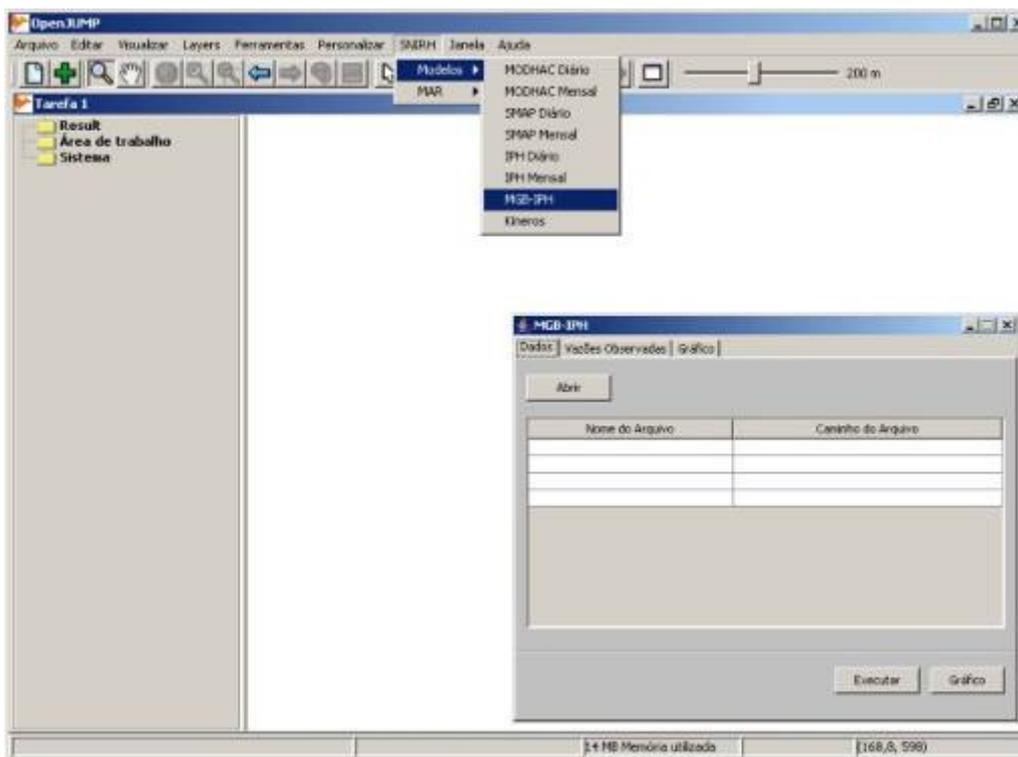
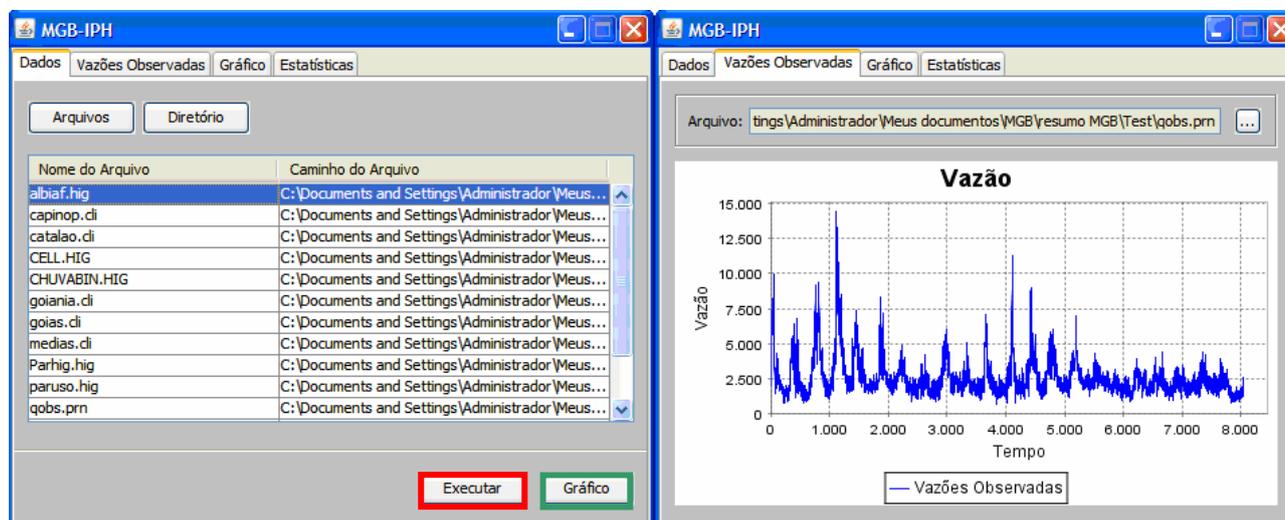


Figura 5 – Interface gráfica do SIG *OpenJUMP* com o modelo MGB-IPH.

A opção “Dados” é utilizada para abrir os arquivos, previamente criados pelo usuário, necessários para execução do modelo. Ao clicar na aba “Abrir”, o usuário deverá localizar a pasta que contém os arquivos de entrada, e fazer o upload dos arquivos de entrada do MGB-IPH (Figura 6a): (1) Chuvabin.hig; (2) Albiaf.hig; (3) Cell.hig; (4) Parhig.hig; (5) paruso.hig; (6) Qobs.prn; (7) Qsubst.prn; e (8) arquivos climatológicos, cujas terminações são do tipo .cli.

Na aba “Vazões Observadas”, o usuário poderá carregar o arquivo de vazão observada para o período de simulação. A Figura 6b apresenta a opção “Arquivo” para localização do arquivo de vazão observada. Ao carregar o arquivo de vazão observada os dados serão plotados na janela.



(a)

(b)

Figura 6 – Tela de apresentação do modelo MGB-IPH da vazão observada para o período de simulação.

Em seguida, deve-se clicar na opção “executar”, que está em destaque de cor vermelha na Figura 6a, para rodar o modelo MGB-IPH. Terminado o processo de simulação, o usuário poderá observar na tela o gráfico de vazão gerado na simulação. Para isto, basta carregar o arquivo de saída, gerado após a simulação, clicando no botão “gráfico”, em destaque verde na Figura 6a. A Figura 7 apresenta o gráfico de vazão gerado na simulação.

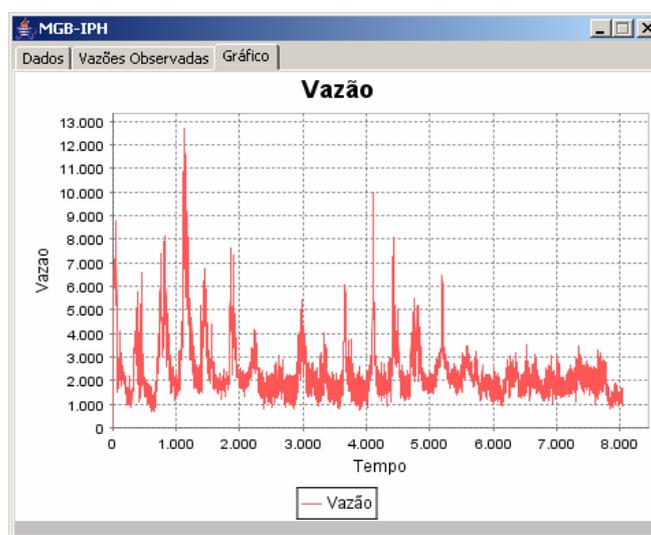


Figura 7 – Tela de apresentação do hidrograma gerado (vazão calculada).

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo MGB-IPH integrado ao SNRH permite simular vazões para grandes bacias em uma nova interface gráfica. Uma das dificuldades que o usuário SNIRH pode sentir é o grau de complexidade observado no pré-processamento dos dados, mas uma vez realizada esta etapa, os outros arquivos para entrada no modelo são gerados com mais facilidade e a interface gráfica do SNIRH ajudará o usuário no processo de calibração e validação do modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLA, F. A.; LETTENMAIER, D. P. 1997. Application of regional parameter estimation schemes to simulate the water balance of a large continental river. *Journal of Hydrology*. Vol. 197 Nos.1-4, pp. 258-285.

- ALMEIDA, C. M.; SANTOS, C. A. G.; BARBOSA, F. A. R.; SOARES JÚNIOR, A. 2008. Integração De Modelos Chuva-Vazão Ao Sistema Nacional De Informações Sobre Recursos Hídricos – Conceção Do Sistema. in Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, (SP), Nov. 2007.
- BREMICKER, M. 1998. Aufbau eines Wasserhaushaltsmodells für das Weser und das Ostsee Einzugsgebiet als Baustein eines Atmosphären-Hydrologie-Modells. Dissertation Doktorgrad, Geowissenschaftlicher Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität. Freiburg. Juli.
- COLLISCHONN, B.; COLLISCHONN, W.; SILVA, B.; TUCCI, C., (2005). “Simulação hidrológica da bacia do rio São Francisco usando precipitação estimada pelo satélite TRMM: resultados preliminares”, in Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, João Pessoa (PB), Nov. 2005.
- COLLISCHONN, W. (2001). Simulação hidrológica de grandes bacias. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH, UFRGS, Porto Alegre, 270 p.
- COLLISCHONN, W. 2001. Simulação Hidrológica de Grandes Bacias. Tese de Doutorado. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. (2001). “Simulação hidrológica de grandes bacias”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 6(1), pp. 95-118.
- EASTMAN, J. R. (1998). IDRISI Andes Tutorial. Massachusetts: Clark Labs, Clark University, Estados Unidos, 284 p.
- LIANG, X.; LETTENMAIER, D. P.; WOOD, E. F.; BURGESS, S. J. 1994. A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for general circulation models. Journal of Geophysical Research, Vol. 99, No. D7, pp. 14415-14428.
- LOHMANN, D.; RASCHKE, E; NIJSSEN, B.; LETTENMAIER, D. P. 1998. Regional scale hydrology: I Formulation of the VIC-2L model coupled to a routing model. Hydrological Sciences Journal, Vol. 43 No. 1; pp. 131-141.
- PAZ, A. R. (2008). MGB-GIS – Manual do Usuário.
- PAZ, A. R. COLLISCHONN, W., TUCCI, C. E. M. 2005. Geração de direções de fluxo para modelagem hidrológica de grande escala. In: Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. João Pessoa: ABRH. Em CD-Rom.
- PAZ, A. R.; COLLISCHONN, W. (2007). “Rede de drenagem para modelagem hidrológica Distribuída”, in. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, São Paulo (SP), Nov. 2007.
- SANTOS, C. A. G.; ALMEIDA, C. N.; BARBOSA, F. A. R.; SOARES JUNIOR. A.; SOUZA, T. F.; MORENO, B. N. 2008. Integração de um modelo hidrossedimentológico ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. in Anais do VIII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, (MS). 2008.
- SHUTTLEWORTH, W. J. 1993 Evaporation In: Maidment, D. R. Handbook of hydrology McGraw-Hill New York.
- SILVA, F. C. (2007). Análise integrada de usos de água superficial e subterrânea em macro-escala numa bacia hidrográfica: o caso do alto Rio Paranaíba. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, IPH, UFRGS, Porto Alegre, 188 p.

- TUCCI, C. E. M. 1998. Modelos hidrológicos. ABRH Editora da UFRGS. Porto Alegre. 669 p.
- WIGMOSTA, M. S.; VAIL, L. W.; LETTENMAIER, D. P. 1994. A distributed hydrology-vegetation model for complex terrain. *Water Resources Research*. Vol 30 No. 6 pp. 1665-1679.
- WOOD, E. F.; LETTENMAIER, D. P.; ZARTARIAN, V. G. 1992. A land surface hydrology parameterization with subgrid variability for general circulation models. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 97, No. D3, pp. 2717-2728.