

APLICAÇÃO PRELIMINAR DO MODELO HIDROLÓGICO MGB-IPH PARA ANÁLISE DO EVENTO EXTREMO DE CHEIA EM 1941 NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Guilherme Kohut Martinbiancho¹; Matheus Sampaio Medeiros²; Ayan Santos Fleischmann³; Fernando Dornelles⁴; Fernando Mainardi Fan⁵; Rodrigo Paiva⁶; Vitória Ache Rocha Lopes⁷; Walter Collischonn⁸

ABSTRACT - The 1941's flood that occurred in the state of Rio Grande do Sul represents the largest event of the type already registered in the region. The incident affected approximately 70,000 families in several municipalities of the state, since there were no preventive measures for the occasion. Historical data indicate that the level of Lake Guaíba rose until reaching 4.80 meters (the usual level is 0.80 meter), which implied in the central region of Porto Alegre's flood. The possible causes of this event point to the great amount of precipitation in the region, combined with strong winds towards the south. In order to better understand the event, the work seeks to analyze the influence of rainfall and quantify the impacts that result from the event. This analysis came from simulations of the hydrological model MGB-IPH. The application of the model also aimed at quantifying the first flow estimates for the period of time in question, establishing a preliminary study that will enable future deepening on the subject, such as a detailed analysis concerning to the action of the wind for the event. The study was completed by comparing the results of the simulation with the recorded historical reports and data.

Palavras-Chave - Laguna dos Patos, Cheia de 1941, MGB-IPH.

1 - INTRODUÇÃO

Eventos de cheias podem ser observados com frequência e com grande distribuição espacial e temporal ao redor do globo. Tais acontecimentos possuem benefícios e malefícios: estimularam o crescimento de civilizações, como a egípcia, ao longo do Rio Nilo; e devastaram cidades, como é o caso das cheias do Haiti em 2004 e do Paquistão em 2010, deixando cerca de 2.000 mortos cada.

1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, martinbiancho@hotmail.com, (51)3308-7511

2) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, matheussampaiomedeiros@gmail.com, (51)3308-7511

3) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, ayan.fleischmann@gmail.com, (51)3308-7511

4) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, fds_eng@yahoo.com.br, (51)3308-7511

5) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, fernando.fan@ufrgs.br, (51)3308-7511

6) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, rodrigocpaiva@gmail.com, (51)3308-7511

7) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, vitoria.lopez@ufrgs.br, (51)3308-7511

8) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, collishonn@iph.ufrgs.br, (51)3308-7511

Entre o dia 10 de abril e o dia 25 de maio de 1941 ocorreu, na área central do Rio Grande do Sul, o maior evento de chuva de longa duração já registrado na região. O evento foi considerado um desastre natural, podendo ser explicado como a interação entre o fenômeno natural e a população, cuja ocorrência resulta em danos substanciais, conforme Goerl *et al.* (2012).

O acontecimento registrado constatou, em média, 660 mm de chuva em cerca de 20 dias; em alguns lugares, como Cruz Alta e Santa Maria, a precipitação atingiu 900 mm. A intensa chuva desabrigou cerca de 70 mil habitantes, mais de 600 empresas suspenderam suas atividades, cidades ficaram isoladas sem abastecimento alimentício, energia elétrica e água potável (Torres, 2012). Além disso, dados históricos afirmam que, em Porto Alegre, o nível do Guaíba atingiu aproximadamente 4,8 m (figura 1), 4 m acima da cota média de 0,80 m (Guimarães, 2009).



FIGURA 1 - Foto da região do Cais Mauá durante o evento de cheia de 1941, em Porto Alegre. Acervo do Museu Joaquim José Felizardo.

Uma característica importante deste evento, entretanto, é que ocorreu numa época em que o monitoramento de variáveis hidrológicas era incipiente. Por outro lado, trata-se de um evento que apresenta até hoje as marcas recorde de nível da água na cidade de Porto Alegre e em várias cidades da região metropolitana. Assim, a análise deste evento específico pode contribuir para uma melhor compreensão dos processos físicos que originam grandes desastres hidrológicos nesta região.

Existem dificuldades para caracterizar o evento de forma adequada, uma vez que há uma grande carência de informações quantitativas, pois em boa parte da área atingida pela grande cheia de 1941 são encontradas apenas marcas de nível da água máximo em antigas construções, ou apenas relatos de difícil comprovação. Uma das formas de contornar esta carência de informações é a reconstrução, ou reconstituição do evento utilizando ferramentas de modelagem hidrológica.

Através de uma melhor compreensão de eventos atípicos, como a cheia de 1941, espera-se que seja possível prevenir e amenizar danos e consequências causadas por eventos críticos futuros.

Além disso, há questionamentos com relação aos possíveis impactos de uma repetição de um evento como a cheia de 1941 nos dias atuais, que envolvem alterações físicas (implementações de barragens e reservatórios na bacia em décadas recentes), mudanças climáticas e modificações de padrões de cobertura vegetal e uso da terra.

O presente trabalho consiste na análise da representação do evento de cheia de 1941 ocorrido no Rio Grande do Sul usando o modelo hidrológico MGB-IPH. O objetivo é apresentar uma análise quantitativa preliminar de valores de variáveis hidrológicas como vazão, nível da água e área inundada. Em próximas etapas pretende-se aprofundar a análise, buscando compreender, por exemplo, a influência do vento nos valores máximos de cota junto a Porto Alegre.

2 - METODOLOGIA DE TRABALHO

2.1 - Área de estudo

A região analisada compreende a bacia hidrográfica da Laguna dos Patos (figura 2), região que possui cerca de 180.000 km². Nela está contida alguns dos principais centros urbanos do Rio Grande do Sul, incluindo a região metropolitana da capital, Porto Alegre. A bacia hidrográfica tem como principal corpo d'água a Laguna dos Patos, tendo aproximadamente 250 km de comprimento e uma superfície de aproximadamente 10.000 km², estendendo-se ao longo da costa litorânea do estado. A grande bacia também é constituída pelas bacias dos Rios Caí, Taquari, Jacuí, Camaquã, Jaguarão e pela Lagoa Mirim, possuindo, portanto, um curso navegável de papel econômico importante para o estado, ligando o porto da capital Porto Alegre ao Porto de Rio Grande.

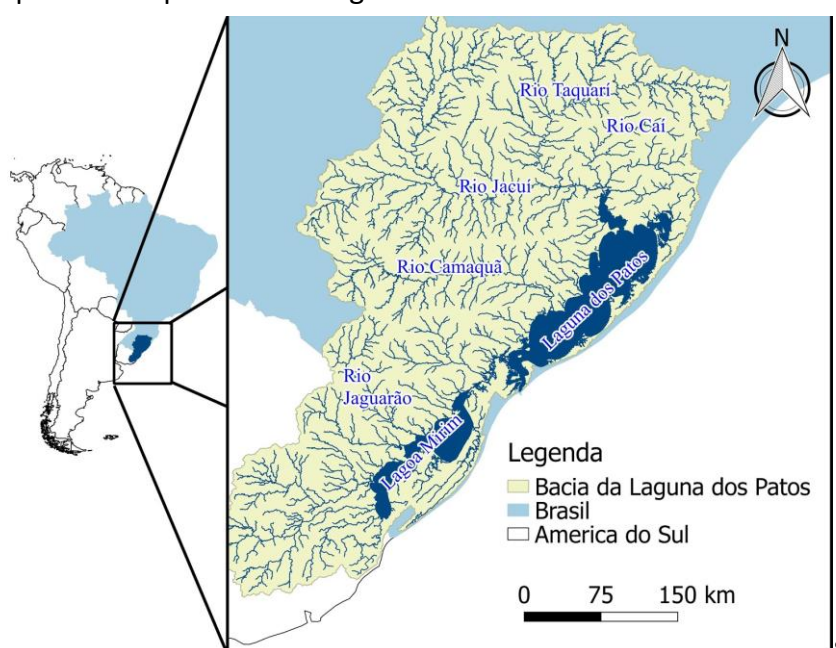


FIGURA 2: Bacia hidrográfica da Laguna dos Patos.

A Laguna dos Patos é um sistema fluvial-lacustre que possui uma dinâmica de inundação complexa, tendo em vista que sofre direta influência do nível dos rios que a ela drenam (efeito de remanso), onde processos de *feedback* entre a lagoa e os corpos hídricos adjacentes comandam as dinâmicas de inundação, descrito por Möller *et al.* (2001). Cabe destacar que o corpo hídrico possui um sistema hidrológico não-sazonal, o que dificulta sua validação e, principalmente, previsão.

2.2 - Modelo MGB-IPH e IPH-Hydro Tools

O modelo MGB-IPH foi utilizado para a realização da simulação. Tal modelo, desenvolvido por Collischonn *et al.* (2007), tem o propósito de representar processos hidrológicos em grandes bacias. Atualmente, o modelo é integrado às plataformas de SIG (Sistema de Informação Geográfica): MapWindow GIS (Fan e Collischonn, 2014) e Quantum GIS, o que facilita e fornece maior precisão aos trabalhos realizados. A simulação realizada foi do tipo de propagação de vazões inercial, método implementado por Pontes *et al.* (2015), mais apropriada para simulações em áreas com baixa declividade e/ou afetadas por marés, no qual é desprezado apenas o termo de inércia advectiva na equação dinâmica de Saint-Venant.

Para a aplicação do modelo, foi necessária a discretização e geoprocessamento da área de estudo. Para tanto, foi utilizado o pacote de ferramentas IPH-Hydro Tools, desenvolvido por Siqueira *et al.* (2016).

2.3 - Dados de entrada

Quanto aos dados de entrada, foi utilizado o MDE (Modelo Digital de Elevação) do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com precisão de 90 m e batimetria da Laguna (com base na carta de hidrografia e navegação da Marinha do Brasil). Além dos dados referentes ao relevo, as seguintes informações foram empregadas à simulação: vegetação da região obtida por um mapa URHs desenvolvido por Fan *et al.* (2015), clima (através de dados de normais climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET) e precipitação (a partir do banco de dados da Agência Nacional de Águas - ANA).

Devido à falta de dados completos de precipitação, no determinado período de tempo, os dados utilizados, em regiões com déficit, foram os da interpolação de dados observados. Por fim, é necessário ressaltar que o modelo foi calibrado para vazões observadas para os anos de 1990 a 2010 e validado por Lopes *et al.* (2017). Para o presente estudo, o mesmo foi simulado para um período de 01 de janeiro de 1937 a 31 de dezembro de 1943, tendo sua análise focada no evento de cheia de 1941.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Área inundada

A partir da simulação, foram gerados mapas de inundação e hidrogramas para melhor visualização dos resultados. As estimativas de áreas inundadas para o período entre os dias 21 de abril e 15 de maio estão representadas na figura 3. Nesta, pode-se observar que a mancha de inundação mais expressiva ocorre no dia 05 do mês de maio, do ano em questão, dia em que constatou-se, segundo dados históricos e relatos da época, um nível de aproximadamente 4 m no lago Guaíba. Para o mesmo dia, a área inundada correspondeu à máxima de toda a estimada pelo modelo (figura 4), atingindo um valor da ordem de 22.000 km². Dado que as áreas dos corpos d'água da bacia (desde a Laguna dos Patos até a Lagoa Mirim) são representadas de maneira explícita durante a modelagem da bacia, existe um limite mínimo de 16.800 km² inundados, valor que corresponde, na realidade, a área dos corpos lagunares estudados (Feng *et al.*, 2015). Desta forma, podemos calcular que a dimensão da planície de inundação para o auge da cheia é de aproximadamente 5.000 km², área expressiva para a região.

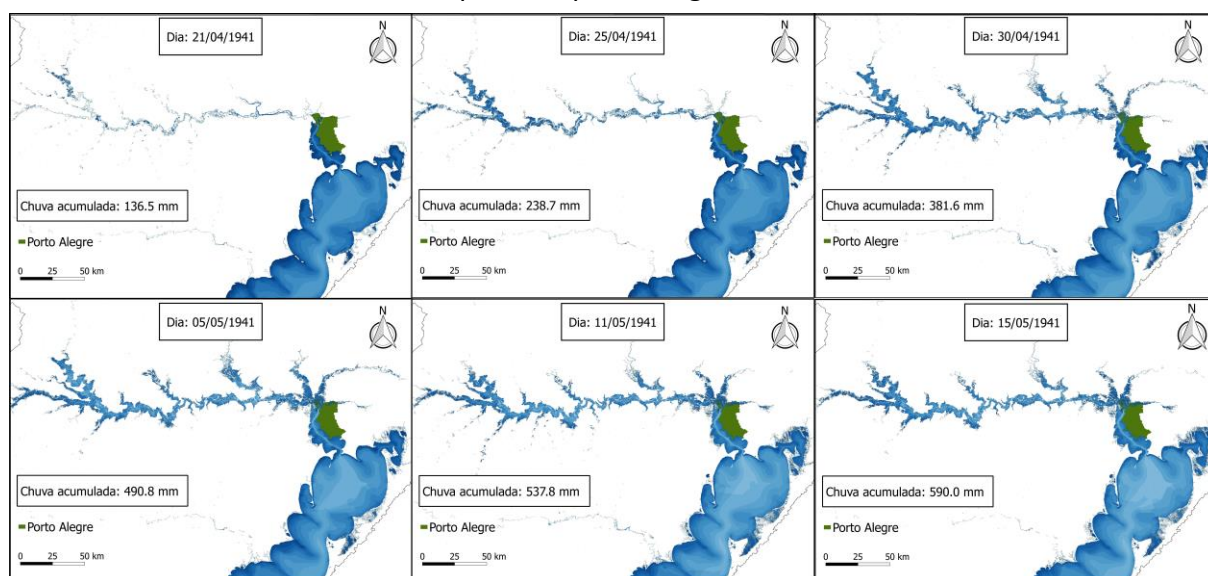


FIGURA 3 - Áreas inundadas para os dias 21, 25 e 30 de abril e 5, 11 e 15 de maio do ano de 1941.

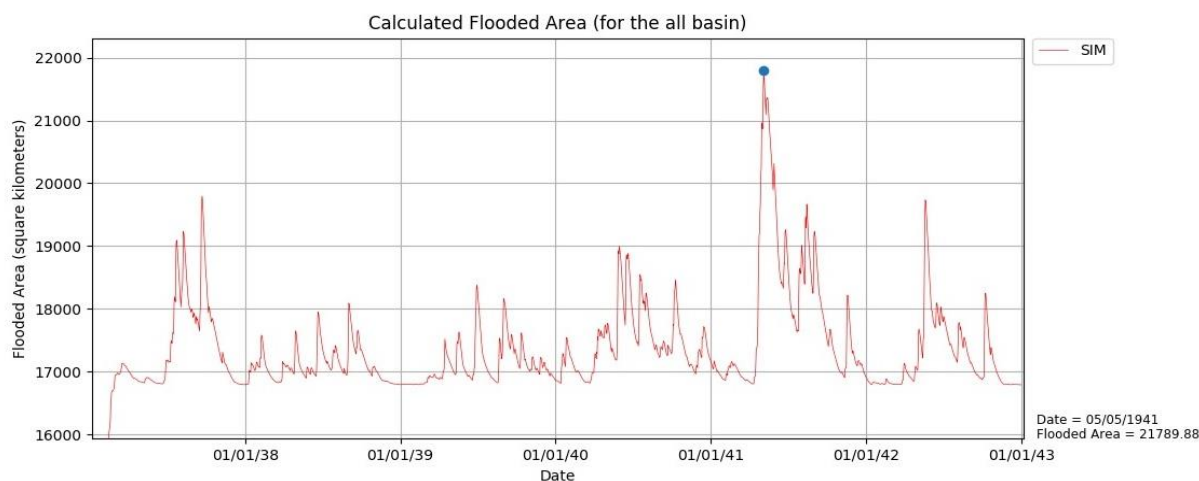


FIGURA 4 - Área de inundação calculada.

3.2 - Séries de vazão

Sobre as séries simuladas de vazão, é visível a influência da precipitação, a qual acumula-se sucessivamente durante o período para gerar vazões cada vez maiores. A figura 5 caracteriza a vazão em um trecho do Rio Jacuí próximo ao deságue no lago Guaíba, onde é possível verificar a vazão máxima, no dia 7 de maio, de aproximadamente 16.800 m³/s (usualmente o valor médio pertence a ordem de 2.500 m³/s). Com isso, é perceptível a influência do crescimento de vazão em relação com a elevação da quantidade de área inundada, tendo seus picos em torno do dia 5 de maio, momento em que se registrou um acumulo de 490 mm de precipitação.

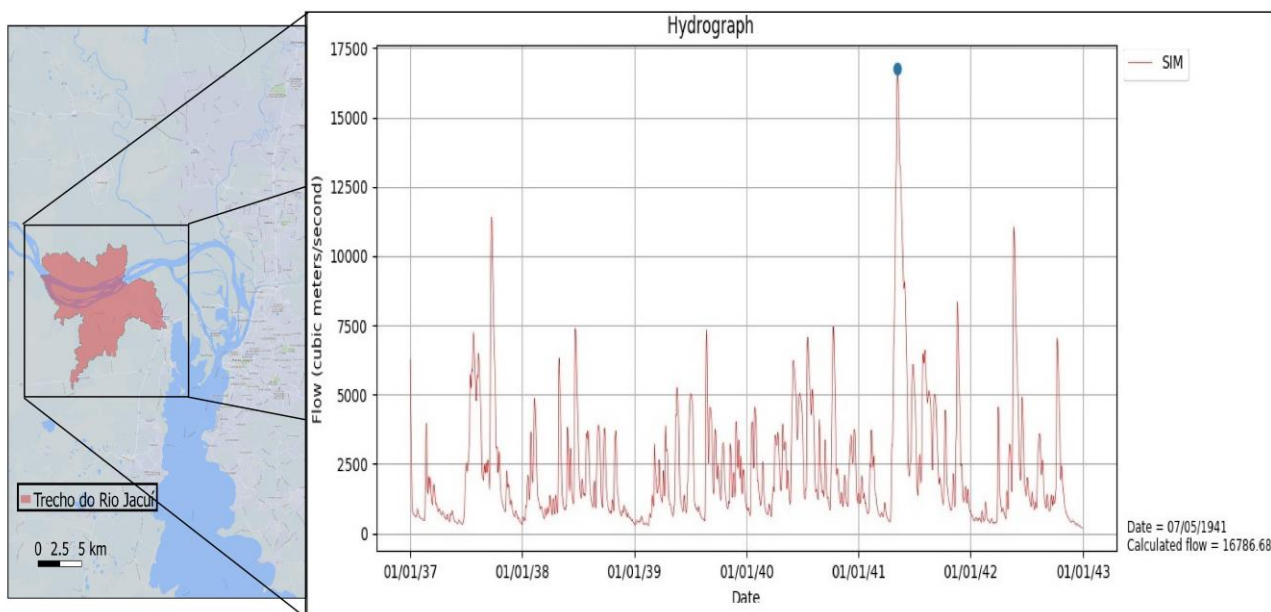


FIGURA 5 - Vazão calculada em trecho do Rio Jacuí próximo ao deságue no lago Guaíba.

A avaliação de tais dados estimados indicam números coerentes, garantindo, assim, um primeiro passo para uma abordagem mais profunda - e que possa gerar um melhor entendimento - do evento de 1941 no Rio Grande do Sul.

Possíveis erros e imperfeições até o momento podem ser atribuídos à incerteza de dados de precipitação para o período analisado e de atributos hidrológicos dos corpos d'água (como largura e profundidade da calha dos rios). Também, para regiões muito urbanizadas, a utilização do modelo digital de elevação é insegura, dado que prédios e densas vegetações dificultam a obtenção do real valor de elevação, além de que a precisão dos mesmos é comprometida na ordem de alguns metros, o que prejudica quando feita a estimativa das áreas inundadas, por exemplo.

4 - CONCLUSÕES

O presente trabalho apresenta uma análise preliminar dos estudos na região da bacia hidrográfica da Laguna dos Patos em relação ao evento catastrófico de 1941. Dito isso, o modelo mostrou-se satisfatório dentro do contexto aplicado até o momento para representar as manchas

de inundações e vazões no período analisado, posto que os resultados foram coerentes com relatos existentes (Torres, 2012, e Guimarães, 2009). Tal estudo, também mostra a capacidade do modelo MGB-IPH, em conjunto com o pacote de geoprocessamentos IPH-HydroTools, em simular regiões complexas com diversos sistemas lagunares e rios, possibilitando a geração de estimativas em áreas mal monitoradas ou sem dados observados, como é o caso do evento de 1941.

Finalmente, é necessário ressaltar que a compreensão das causas e consequências de fenômenos extremos - como o do estudo em questão - é de fundamental importância para evitar e amenizar danos causados pelos mesmos em futuros acontecimentos, o que pôde - e poderá - ser realizado com o modelo MGB-IPH e sua interface SIG.

A partir deste é possível realizar pesquisas sobre: (i) validação do modelo hidrológico com eventos extremos recentes e bem documentados (por exemplo, a cheia de 2015); (ii) avaliação de impactos provenientes do vento (em termos de velocidade, direção e duração) para o evento de cheia de 1941; (iii) avaliação da relevância do impacto de barragens e reservatórios para com o evento de cheia de 1941.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENITO, G.; LANG, M.; BARRIENDOS, M.; LLASAT, M.C.; FRANCÉS, F.; OUARDA, T.; THORNDYCRAFT, V.; ENZEL, Y.; BARDOSSY, A.; COEUR, D.; BOBÉE, B (2004). "Use of Systematic, Palaeoflood and Historical Data for the Improvement of Flood Risk Estimation. Review of Scientific Methods". *Natural Hazards*, v. 31, n. 3, p. 623-643.

BRÁZDIL, R.; KUNDZEWICZ, Z.W. (2006). "*Historical hydrology – Editorial*". *Hydrological Sciences Journal*, v. 51, n. 5, p. 733-738.

BRÁZDIL, R.; KUNDZEWICZ, Z.W.; BENITO, G. (2006). "*Historical hydrology for studying flood risk in Europe*". *Hydrological Sciences Journal*, v. 51, n. 5, p. 739-764.

COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D.; DA SILVA, B.C.; TUCCI, C.E.M. (2007). "*The MGB-IPH model for large-scale rainfall-runoff modelling*". *Hydrological Sciences Journal*, v. 52, n. 5, p. 878-895.

CORREA, S.; PAIVA, R.C.D.; ESPINOZA, J.C.; COLLISCHONN, W. (2017). "*Multi-decadal Hydrological Retrospective: Case study of Amazon floods and droughts*". *Journal of Hydrology*, v. 549, p. 667-684.

FAN, F.M.; BUARQUE, D.C.; PONTES, P.R.M.; COLLISCHONN, W. (2015). "*Um mapa de unidades de resposta hidrológica para a América do Sul*" in *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Brasília/DF, 2015, pp. 1-8.

FAN, F.M.; COLLISCHONN, W. (2014). "*Integração do Modelo MGB-IPH com Sistema de Informação Geográfica*". *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, p. 243-254.

FAN, F.M.; PONTES, P.R.M.; PAIVA, R.C.D. (2014). “Avaliação de um método de propagação de cheias em rios com aproximação inercial das equações de Saint-Venant”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, n. 4, p. 137-147.

FENG, M.; SEXTON, J. O.; CHANNAN, S.; TOWNSHEND, J. R. (2015). “A global, high-resolution (30-m) inland water body dataset for 2000: first results of a topographic-spectral classification algorithm”. International Journal of Digital Earth, v. 9, n. 2, p. 113-133.

FLEISCHMANN, A.S.; SIQUEIRA, V.A.; FAN, F.M.; PONTES, P.R.M.; JARDIM, P.F.; LOPES, V.A.R.; SORRIBAS, M. V.; PAIVA, R.C.D.; COLLISCHONN, W. (2017). “Estimativas de áreas inundadas em grandes bacias com o modelo MGB-IPH e pacote de geoprocessamento IPH-Hydro Tools” in Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos/SP, 2017, pp. 1-8.

GUIMARÃES, R. (2009). *A Enchente de 1941*. Editora Libretos, Porto Alegre/RS, 100 p.

GOERL, F. R.; KOBAYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M.(2012) “Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho – SC” in Boletim de Geografia, Maringá, PR. v. 30, n. 1, p. 81 – 100.

HERGET, J; ROGGENKAMP, T; KRELL, M. (2004). “Estimation of peak discharges of historical floods”. Hydrology and Earth System Sciences, v. 18, p. 4029-4037.

LOPES, V.A.R. (2015). *Modelagem hidrológica integrada da bacia hidrográfica da Laguna dos Patos e seus complexos lagunares usando o modelo MGB-IPH com propaga o inercial de vazões*. Monografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul , Porto Alegre/RS, 84 p.

LOPES, V.A.R.; FAN, F.M.; COLLISCHONN, W., PONTES, P.R.M.; SIQUEIRA, V.A. (2015). “Aplica o preliminar do modelo MGB-IPH para a bacia hidrográfica completa da laguna dos patos” in Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília/DF, 2015, pp. 1-8.

M LLER, O.O., CASTAING, P., SALOMON, J., & LAZURE, P. (2001). “The Influence of Local and Non-Local Forcing Effects on the Subtidal Circulation of Patos Lagoon”. Estuaries, Vol. 24, n. 2, p. 297-311.

PONTES, P.R.M.; COLLISCHONN, W.; FAN, F.M.; PAIVA, R.C.D.; BUARQUE, D.C. (2015). “Modelagem hidrológica e hidráulica de grande escala com propaga o inercial de vazões”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 20, p. 888-904.

SIQUEIRA, V.A.; FLEISCHMANN, A.S.; JARDIM, P.F.; FAN, F.M.; COLLISCHONN, W. (2016). “IPH-Hydro Tools: a GIS coupled tool for watershed topology acquisition in open-source environment”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 21, n. 1, p. 274-287.

TORRES, L.H. (2012). “ guas de maio: a enchente de 1941 em Rio Grande”. Historiae, v. 3, n. 3, p. 239-254.