

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

PREVISÃO DE CHEIAS E PRODUÇÃO DE AVISOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL ATRAVÉS DA SALA DE SITUAÇÃO SEMA/RS E MODELO MGB

Lucas Giacomelli¹; Marcela Nectoux²; Fernando Fan³, Ayan Fleischmann⁴, Vinícius Siqueira⁵ & Walter Collischonn⁶, Márcio Custódio⁷

RESUMO – A Sala de Situação SEMA RS opera no Rio Grande do Sul como um centro de monitoramento e previsão hidrometeorológica vinculado à Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura e à Agência Nacional de Águas. Pertencente ao Sistema de Gestão de Riscos do RS, a Sala é o ente responsável pela geração de informações vinculadas à fase de monitoramento e alerta de eventos críticos, emitindo Boletins periódicos e Avisos Hidrometeorológicos que servem de insumo para a tomada de decisão pela Defesa Civil do Estado. Desde novembro de 2018 está em operação na Sala de Situação um sistema de previsão de cheias para as 25 bacias hidrográficas gaúchas baseado em uma interface desenvolvida com a utilização do modelo MGB-IPH. A partir da análise de um evento de inundação ocorrido em janeiro de 2019, foi possível confirmar a aderência do modelo aos limiares de alerta observados no estudo de caso. Conseqüentemente, verificou-se a importância desta ferramenta para melhoria da qualidade de previsão de cheias e decorrente emissão de Avisos pela Sala de Situação, de forma a facilitar a resposta aos eventos pela Defesa Civil, contribuindo positivamente para a gestão de riscos no Rio Grande do Sul.

ABSTRACT– The Situation Room SEMA RS operates in Rio Grande do Sul as a hydrometeorological monitoring and forecasting center linked to the Environment and Infrastructure Secretariat and the National Water Agency. As a part of the state’s Risk Management System, the Situation Room is responsible for generating information related to critical events monitoring and alerting phase, issuing Periodic Bulletins and Hydrometeorological Notices that serve as input for decision-making by the Rio Grande do Sul State Civil Defense. Since November 2018, a flood forecasting system for the 25 state’s watersheds has been operating in the Situation Room based on an interface developed using the MGB-IPH model. From the analysis of a flood event occurred in January 2019, it was possible to confirm the model’s adherence to the alert thresholds observed in the case study. Consequently, it was verified this tool’s importance in improving the quality of flood forecasting and issuing of Notices by the Situation Room, in order to facilitate the response to events by the Civil Defense, positively contributing to risk management in Rio Grande do Sul.

Palavras-Chave – Modelagem Hidrológica, Gestão de Risco de Desastres, Sala de Situação.

1) Sala de Situação SEMA RS, Borges de Medeiros nº261, 12º andar sala 1205, Porto Alegre – RS (51) 3288-8158, giacomelli_lucas@outlook.com

2) Sala de Situação SEMA RS, Borges de Medeiros nº261, 12º andar sala 1205, Porto Alegre – RS (51) 3288-8158, marcela.nectoux@gmail.com

3) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, fernando.fan@ufrgs.br

4) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, ayan.fleischmann@gmail.com

5) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, vinisiquera@gmail.com

6) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, waltercollischonn@gmail.com

7) Somar Meteorologia, Av. Manuel Bandeira, 291 - Vila Leopoldina, São Paulo - SP, (11) 3030-0799, marcio@somarmeteorologia.com.br

INTRODUÇÃO

O aumento no número de ocorrências de eventos extremos, como é o caso de tempestades severas e de inundações, as quais possuem potencial para impactos sociais e econômicos, tem despertado cada vez mais a preocupação por parte de diversos setores da sociedade e trazem a atenção para ações de redução dos impactos causados por estes eventos. As inundações são, dentre os diferentes desastres naturais ocorridos no estado do Rio Grande do Sul e ao redor do mundo, um dos eventos que causam os maiores danos socioeconômicos. Casos recentes e cada vez mais frequentes destes eventos despertam cada vez maior interesse de diversos setores para realização de ações que permitem antecipar estes eventos e minimizar os danos e número de vítimas (KAFLE et al., 2007).

Segundo De Almeida (2015), as estratégias de gerenciamento de risco de desastres no Brasil têm, historicamente, uma preferência pelas ações de resposta e recuperação, quais sejam, as etapas de impacto e pós impacto. Em razão desta configuração, cada vez mais, vêm se buscando alternativas de governança que atuem na etapa de prevenção de forma a informar a tomada de decisão.

Tal contexto incentiva a criação de centros de monitoramento e o desenvolvimento de ferramentas para previsões antecipadas e acompanhamento destes eventos a fim de criar medidas mitigadoras aos danos potenciais causados, além de ações de planejamento a curto, médio e longo prazo (MELLER *et al.*, 2012).

Visando ações de planejamento e promoção de ações destinadas a prevenção e redução dos efeitos de inundações e secas, a Agência Nacional de Águas (ANA) inaugurou em 2009 as Salas de Situação para monitorar e analisar a evolução das chuvas, dos níveis e vazão dos principais rios, reservatórios e bacias hidrográficas. Todas as informações são compartilhadas através de boletins e de sistemas de monitoramento, servindo de suporte para a tomada de decisão das autoridades responsáveis pela gestão de eventos hidrológicos críticos no país (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2019).

No Rio Grande do Sul, a Sala de Situação SEMA atua no âmbito da previsão, monitoramento e prevenção de eventos críticos extremos, agindo em parceria direta com a Defesa Civil do estado. Recentemente foi desenvolvido e incorporado na operação da Sala um modelo hidrológico específico para o estado o qual auxilia na previsão de cheias dos principais rios gaúchos, denominado Rio Grande do Sul Hidrológico (RSH). O MGB (Modelo de Grandes Bacias) trata-se de um modelo hidrológico conceitual distribuído apresentado por Collischonn (2001) e seus resultados representam a parte terrestre do ciclo hidrológico através de resultados de vazão para trechos nos principais rios do estado, bem como seus afluentes.

O presente texto apresenta pela primeira vez a atual configuração deste sistema. A seguir no texto é apresentada a sala de situação, a interface com a defesa civil, o desenvolvimento do modelo MGB-RSH e por fim um estudo de caso para a cheia de janeiro de 2019 que ocorreu no estado.

ATUAÇÃO DA SALA DE SITUAÇÃO

A ANA é o ator principal na implantação de Salas de Situação nos 26 estados brasileiros e atualmente acompanha seu funcionamento e a melhoria dos produtos gerados. As Salas de Situação Estaduais funcionam como centros de gestão de situações críticas, as quais são coordenadas pelos órgãos gestores de recursos hídricos em cada estado, tendo também representantes do instituto de meteorologia local e da Defesa Civil estadual, buscando identificar ocorrências e subsidiar a tomada de decisão para a adoção antecipada de medidas mitigadoras dos efeitos de secas e inundações (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2019).

No Rio Grande do Sul, a Sala de Situação foi criada por meio do Acordo de Cooperação Técnica 01 de 2013, firmado entre a Agência Nacional de Águas e a Secretaria do Meio Ambiente. Seguindo o modelo implantado nos demais estados, o Rio Grande do Sul recebeu da Agência os equipamentos necessários para montar a estrutura física da Sala, com a contrapartida de que o estado garantisse a operação deste centro de monitoramento e produção de boletins periódicos.

No que se refere à Sala de Situação SEMA RS, que atua no âmbito estadual, é importante destacar que uma das competências dos Estados é justamente realizar o monitoramento meteorológico, hidrológico e geológico das áreas de risco, em articulação com a União e os Municípios. Dessa forma, a Sala se justifica como investimento uma vez que se impõe como uma ferramenta de monitoramento e previsão voltada aos desastres naturais, que busca articular uma comunicação eficiente junto à Defesa Civil dentro do que De Resende Londe (2015) chama de uma concepção de órgão de prevenção e enfrentamento de desastres.

Desde janeiro de 2016 a operação da sala é realizada pela empresa SOMAR Meteorologia e ocorre 24 horas por dia e 7 dias da semana por meio de uma escala de plantões entre a equipe técnica operacional, a qual é formada por dois meteorologistas e dois engenheiros hidrólogos, contando sempre com auxílio de outros profissionais da SOMAR na sede da empresa em São Paulo, entre eles, meteorologistas, que auxiliam nos plantões, além de profissionais de tecnologia da informação, os quais são responsáveis pelo desenvolvimento de modelos, banco de dados e de demais ferramentas que subsidiam a operação.

Atualmente são gerados diferentes produtos hidrometeorológicos elaborados pela equipe da Sala e enviados para a Defesa Civil do estado, auxiliando na tomada de decisão. Entre eles o Aviso Hidrometeorológico, o qual é enviado em eventos com possibilidades de cheias e inundações nas bacias do estado, além de fenômenos meteorológicos, como granizo, vendavais e descargas elétricas. Após a emissão de um Aviso é elaborado um Boletim Especial contendo a análise hidrometeorológica do evento ocorrido, sua severidade e danos causados os quais são reportados pelos coordenadores da Defesa Civil, servindo como um histórico dos eventos hidrometeorológicos ocorridos no estado.

Também são enviados monitoramentos diários informando uma ou mais vezes ao dia às condições dos principais rios do estado, além de Boletins Semanais contendo a análise e dados hidrológicos observados ao longo da semana, além da previsão para semana seguinte. Por fim os Boletins Mensais contêm uma análise hidrológica mensal das bacias gaúchas e do comportamento dos principais rios ao longo do mês em questão, além da previsão climática com destaque para os volumes previstos e sua distribuição para os próximos 3 meses.

INTEGRAÇÃO COM A DEFESA CIVIL

O marco legal da gestão de riscos no Brasil é a Lei 12.608/2012 que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). O diferencial dessa Política é abranger as cinco etapas da gestão do risco: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação mas, principalmente, sua inovação foi distribuir formalmente as competências entre os Entes da Federação como destaca Ganem (2012).

No texto do diagnóstico da Arquitetura do Sistema Estadual de Gestão Integrada de Risco de Desastres do estado (SEGIRD), as ações desempenhadas pela Sala correspondem à fase de monitoramento e alerta, além de ser descrita como um instrumento importante para o monitoramento e alerta de desastres no Rio Grande do Sul atuando em parceria tanto de órgãos estaduais como federais e também de países vizinhos (RIO GRANDE DO SUL, 2017a).

No âmbito do SEGIRD, a Sala de Situação é o ente que produz e transmite aos órgãos responsáveis pela gestão de riscos no estado informações e previsões sobre eventos críticos com frequência e antecedência adequadas para permitir a tomada de decisão em tempo hábil, de forma a reduzir o impacto dos desastres (RIO GRANDE DO SUL, 2017b). Vendruscolo (2007) identifica a Sala de Situação como um elo de ligação entre a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Política Nacional de Defesa Civil como componentes de avaliação de riscos e qualidade dos dados e sistema de alerta.

Uma das dificuldades na implementação de uma cooperação entre municípios, estados e União na gestão de risco de desastres apontada por Ganem (2012) diz respeito à falta de padronização na apresentação dos documentos atinentes a ocorrência de eventos críticos bem como as dificuldades de interpretação dos mesmos. Queiroz e Bodstein (2011) apontam como dificuldade também a necessidade de um maior nível de capacitação técnico-profissional dos atores envolvidos na PNDC de forma a instrumentalizar uma visão integrada do objeto e das práticas da Defesa Civil. Esta visão é compartilhada por Coutinho (2017), que aponta uma urgência na integração de instituições e dos atores locais para promover as ações e as diretrizes da PNPDEC.

SISTEMA DE PREVISÃO MGB RSH

O sistema de previsão com o modelo MGB_RSH foi desenvolvido e consolidado através de um trabalho em colaboração entre a equipe da SOMAR meteorologia e a equipe de desenvolvimento do

modelo MGB. O modelo MGB tem sido aplicado para previsões de vazões com sucesso em vários estudos em bacias brasileiras, como demonstrado em Fan et al. (2015a) e Siqueira et al. (2016). As previsões de cheias são obtidas a partir da utilização de previsões meteorológicas as quais são geradas pelos modelos operados pela SOMAR, juntamente com os dados pluviométricos e fluviométricos observados alimentando o modelo hidrológico distribuído de toda a região hidrográfica que compõe o Rio Grande do Sul Hidrológico – RSH.

O funcionamento do sistema se dá através de uma interface gráfica computacional, gerando previsões em um intervalo de tempo horário com resultados para todos os trechos de rio em que a região do RSH foi discretizada, a qual é ilustrada na Figura 1.

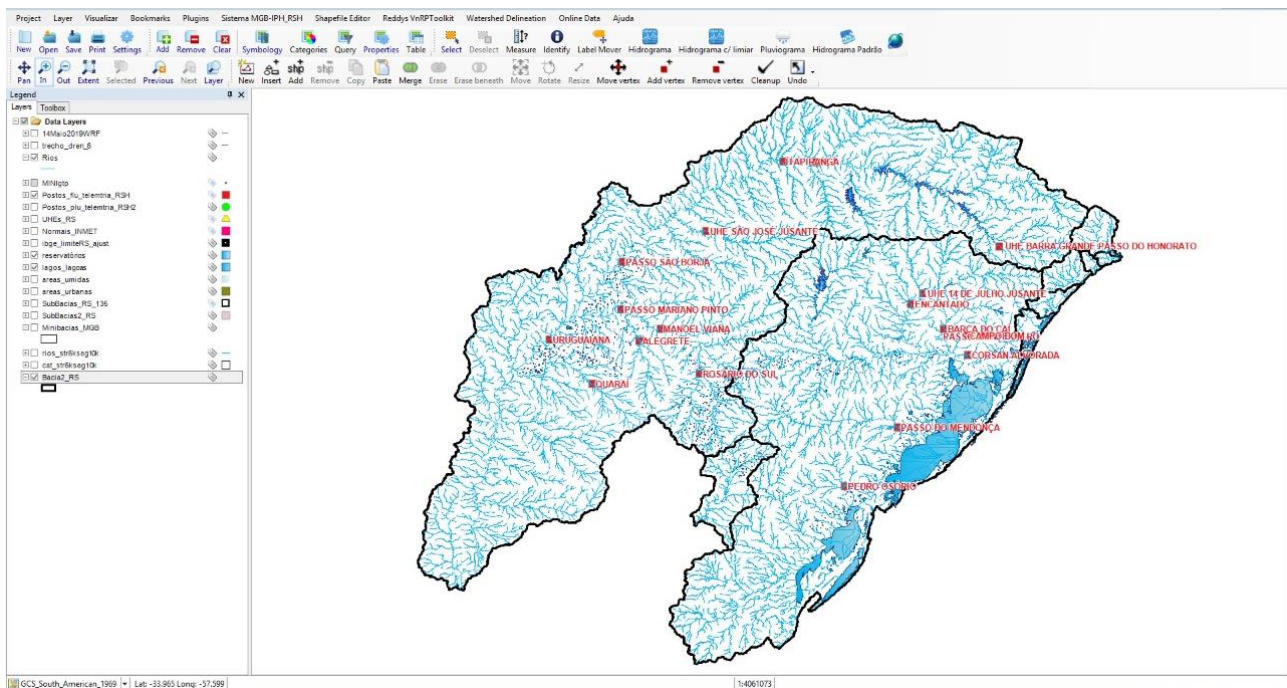


Figura 1 – Região discretizada para o Rio Grande do Sul hidrológico (RSH), o qual envolve também bacias externas aos limites políticos do estado.

Para a região destacada na Figura 1 o sistema possibilita a geração de previsões com antecedência de no mínimo 7 dias através de hidrogramas no trecho de rio desejado, além de mapas de inundação com limiares baseados em diferentes tempos de retorno. Os dados de chuva observada no passado são incorporados no modelo até o instante atual, com os melhores dados disponíveis em cada período histórico, além de permitir o uso de dados de chuva futura na previsão das vazões. Também são consideradas informações operativas das vazões defluentes nas principais usinas existentes no RSH por meio de dados fornecidos pelo Operador Nacional do Sistema (ONS).

Os resultados gerados através de mapas e hidrogramas por trecho de rio são analisados e interpretados pela equipe de hidrologia responsável pela operação da Sala de Situação e auxiliam na elaboração de Boletins e Avisos, além de prognósticos que são enviadas para a Defesa Civil gaúcha como insumo para a tomada de decisão e medidas de contingência necessárias.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE PREVISÃO MGB_RSH

A metodologia utilizada considera previsões quantitativas de chuva, além de informações de chuva e vazão horárias obtidas por telemetria, para obter previsões de vazão utilizando a modelagem matemática semi-distribuída do processo de transformação de chuva em vazão (Collischonn e Tucci, 2001; Fan e Collischonn, 2014). O modelo MGB_RSH foi adaptado para utilizar as informações da rede telemétrica obtidas em tempo real, e demais fontes de monitoramento, preparados no formato de grade, além de previsões quantitativas de chuva geradas pela SOMAR.

Para aplicação do modelo foram incluídos dados físicos do RSH, os quais incluem mapas de relevo considerando o Modelo Digital de Elevação (MDE) *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM (Farr et al., 2007) com resolução espacial de 90 metros. Informações de unidades de respostas hidrológicas foram obtidas do produto de Fan et al. (2015b).

Foram utilizadas 117 estações fluviométricas com dados diários de vazão os quais foram adquiridos junto à rede da ANA, com disponibilidade temporal de 20 anos (entre 1990 e 2010), para calibração e validação do modelo. Já os dados de chuva utilizados para a calibração foram adquiridos os dados do projeto Multi-SourceWeighted Ensemble Precipitation (MSWEP) na versão 1.1 (Beck et. al., 2017a, 2017b) com intervalo de tempo diário entre 1990 e 2014, além de dados telemétricos para a calibração horária e disponibilidade temporal entre 2007 e 2018, interpolados para os centroides das minibacias.

Para permitir resultados de vazão com maior acurácia são considerados dados de defluência das principais usinas hidrelétricas do estado, fornecidos pelo ONS em formato compatível com o modelo, substituindo as vazões simuladas nos respectivos pontos das barragens.

Para a construção do modelo MGB_RSH foram necessárias as seguintes etapas: coleta e análise de dados hidrometeorológicos, discretização das bacias para o modelo (bacias, sub-bacias e minibacias) no qual foram geradas 8649 minibacias com áreas majoritariamente (94,74%) entre 10 a 100 km², calibração do modelo para o RSH, acoplamento do modelo ao módulo de previsão, otimização de rotinas de previsão e pós-processamento. Por fim, para a operacionalização do modelo, foram necessários testes de operação do sistema, os quais dependeram da ocorrência de eventos hidrológicos no estado, além do acompanhamento da operação do sistema, o qual é feito diariamente pela equipe operacional da Sala.

Os resultados do modelo podem ser utilizados pontualmente, para a observação de hidrogramas de previsões em certas localidades, ou espacialmente através da elaboração de mapas de superação de limiares de inundação. Alguns resultados gerados após a operacionalização do modelo serão apresentados no item a seguir considerando as cheias ocorridas em janeiro de 2019 principalmente na região noroeste do estado.

ESTUDO DE CASO – CHEIAS DE JANEIRO DE 2019

Dentre os diferentes casos ocorridos desde a operacionalização do modelo em novembro de 2018, escolheu-se o período de janeiro de 2019 em razão dos registros de eventos de inundação, principalmente nas regiões sul e oeste do estado, em função dos expressivos volumes de chuva ocorridos entre os dias 08 e 15 de janeiro de 2019 os quais tiveram efeitos nas três regiões hidrográficas que compõem o estado, atingindo picos históricos de cheia em diversas bacias que compõem estas regiões.

O evento em questão foi previsto pela Sala de Situação e informado através dos Avisos 95, 95_atualização e 96, além dos boletins diários os quais já indicavam condição de alerta para a região em questão desde o dia 07 de janeiro. As informações foram sendo atualizadas diariamente pela equipe operacional da Sala, servindo de subsídio à Defesa Civil do Estado para as tomadas de decisão e medidas de contingência realizadas pelas equipes junto aos municípios afetados pela cheia. A Figura 2 mostra a linha do tempo dos boletins emitidos frente ao evento de inundação ocorrido na cidade de Alegrete-RS e indicação de condição de Alerta para a região oeste.



Figura 2 – Linha do tempo do evento crítico de inundação registrado em janeiro 2019.

Neste período, o modelo MGB_RSH, juntamente com os modelos de previsão do tempo e estações hidrometeorológicas do estado, foram fundamentais para a emissão dos Boletins indicando as condições futuras com alguns dias de antecedência. Os mapas de inundação gerados diariamente pelo MGB_RSH, conforme ilustrado na Figura 3, auxiliaram na identificação da distribuição geográfica dos possíveis trechos de rio afetados pelas cheias e inundações.

Por outro lado, em conjunto com os mapas de superação de inundação, os hidrogramas gerados pelo modelo (Figura 4) nos trechos de rio de interesse, ou seja, onde possuem densidade populacional e maior suscetibilidade a danos, auxiliaram na previsão das resposta hidrológica do rio em questão, ou seja, qual limiar poderia ser atingido nas horas e dias seguintes além da expectativa do comportamento (ascensão ou recessão) esperado para o período desejado. Estes resultados auxiliaram nos prognósticos elaborados pela equipe operacional da Sala de Situação os quais foram repassados para a Defesa Civil para a tomada de medidas em campo, frente à população afetada pelas cheias.

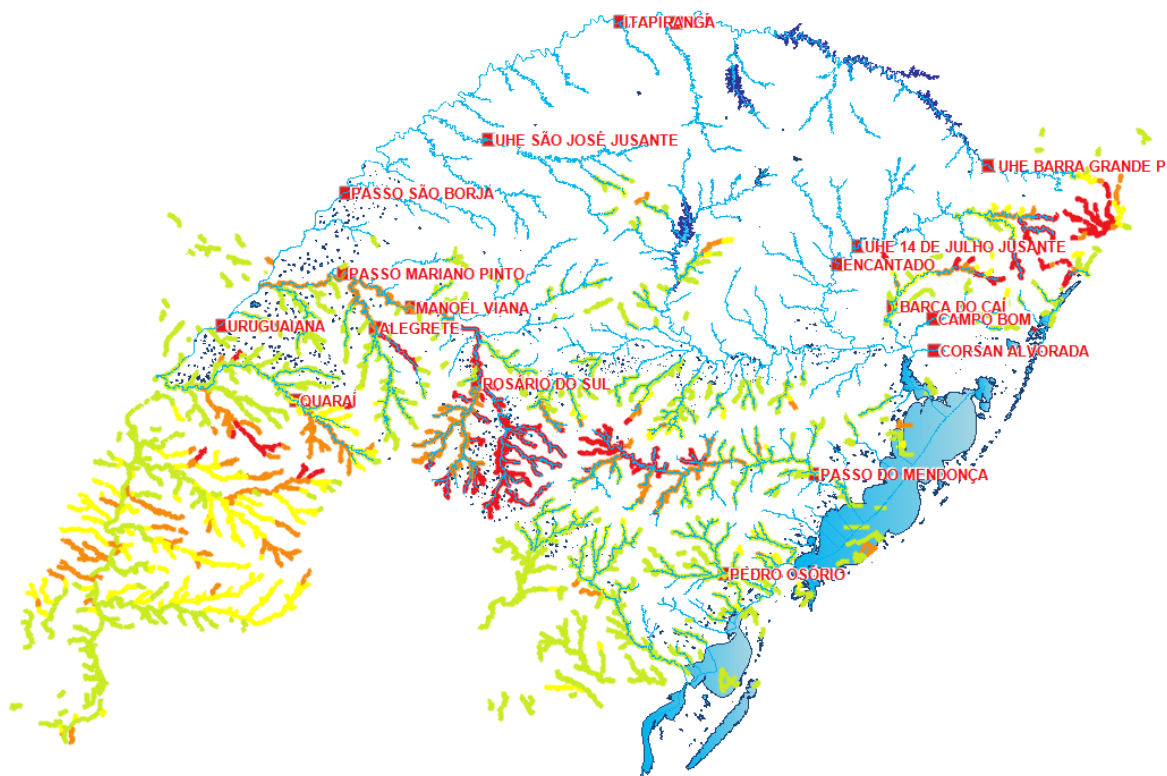


Figura 3 – Mapa de superação dos limiares de Inundação gerado no dia 15/01/2019, os trechos marcados em amarelo estão acima de limiares de Atenção e, em vermelho, estão os trechos com previsão de superação de limiares de Alerta.

Em decorrência dos eventos registrados foram contabilizadas pelos municípios e pela união perdas significativas na agricultura, infraestrutura, além de danos humanos, inclusive com registros de 04 óbitos relacionados diretamente com o evento ocorrido. O montante total dos prejuízos ainda está sendo contabilizado e diversas cidades gaúchas decretaram situação de emergência.

Segundo dados do Centro de Operações da Defesa Civil do estado foram cerca de 4766 pessoas desalojadas na cidade de Alegrete, 345 em Quaraí, 479 em Santa Maria e 588 em São Gabriel. Os municípios mencionados estão respectivamente localizados nas bacias hidrográficas Ibicuí, Quaraí, Santa Maria e Vacacaí-Vacacaí Mirim.

A Figura 4 mostra como exemplo um dos hidrogramas de saída do modelo para o Rio Ibirapuitã em um trecho próximo à cidade de Alegrete, município com maior número de afetados pelo evento em questão. Destaca-se também que este rio esteve acima da calha de inundação entre os dias 09 e 25 de janeiro, representando uma das maiores cheias da cidade dos últimos anos.



Figura 4 – Hidrograma de saída do modelo para o Rio Ibirapuitã em um trecho próximo à cidade de Alegrete. Fotos: Fernando Gomes/ CMS/divulgação.

CONCLUSÕES

A partir da interpretação das saídas do sistema de previsão para o RSH foi possível a geração de Boletins Periódicos e, principalmente, a emissão do Aviso Hidrometeorológico N° 95 diretamente à Defesa Civil do estado do Rio Grande do Sul com prognósticos mais precisos de forma a qualificar a informação relativa às etapas prevenção, mitigação e preparação previstas na PNPDEC.

Os resultados do modelo hidrológico, embora ainda em fase de validação, já demonstraram ser compatíveis com a resposta observada pelas estações monitoradas pela Sala de Situação.

A atuação da Sala de Situação, no âmbito do Sistema de Gestão de Riscos do estado do Rio Grande do Sul, com a adição de mais esta ferramenta, demonstra ser um centro importante na articulação entre os diferentes atores institucionais envolvidos com a gestão de risco bem como um exemplo de sucesso de atuação conjunta entre os diferentes Entes da Federação uma vez que combina a estrutura federal da Agência Nacional de Águas com a interlocução da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura com o CODEC e suas respectivas coordenadorias de Defesa Civil municipais.

AGRADECIMENTOS

O autor Fernando Mainardi Fan agradece à FAPERGS pelo suporte fornecido através do projeto ARD 17/2551-0000 892-8.

REFERÊNCIAS

ANA (Agência Nacional de Águas). Brasil, 2019. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala-de-situacao>. Acesso em: 03 de maio de 2019.

- BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a política nacional de proteção e defesa civil-PNPDEC; dispõe sobre o sistema nacional de proteção e defesa civil-SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil-CONPDEC. Diário Oficial da União, v. 70, 2012.
- BECK, Hylke E. et al. Global-scale evaluation of 22 precipitation datasets using gauge observations and hydrological modeling. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 21, n. 12, p. 6201-6217, 2017.b
- BECK, Hylke E. et al. MSWEP: 3-hourly 0.25 global gridded precipitation (1979-2015) by merging gauge, satellite, and reanalysis data. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 21, n. 1, p. 589-615, 2017.a
- COLLISCHONN, W. Simulação Hidrológica de Grandes Bacias. 2001. 277 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- COUTINHO, Marcos Pellegrini et al. Instrumentos de planejamento e preparo dos municípios brasileiros à Política de Proteção e Defesa Civil. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 7, n. 3, p. 383-396, 2017.)
- DE ALMEIDA, E. P. A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil: os desastres como problema político. 1o Seminário Internacional de Ciência Política-Estado e Democracia em Mudança no Século XXI, 2015
- DE RESENDE LONDE, Luciana; SORIANO, Erico; COUTINHO, Marcos Pellegrini. Capacidades das instituições municipais de Proteção e Defesa Civil no Brasil: desafios e perspectivas. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 30, p. 77-95, 2015.
- ENDRUSCOLO, Simone et al. Interface entre a política nacional de recursos hídricos e a política nacional de defesa civil, com relação aos desastres hidrológicos. 2007.
- FAN F. M., BUARQUE D. C., PONTES, P.R.M., COLLISCHONN W. Um mapa de unidades de resposta hidrológica para a América do Sul. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Novembro de 2015, Brasília-DF. Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. PAP019919. 2015a.
- FAN, F. M.; SCHWANENBERG, D.; COLLISCHONN, W. ; WEERTS, A. . Verification of inflow into hydropower reservoirs using ensemble forecasts of the TIGGE database for large scale basins in Brazil. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, v. 4, p. 196-227, 2015b.
- FARR, Tom G. et al. The shuttle radar topography mission. *Reviews of geophysics*, v. 45, n. 2, 2007.
- GANEM, Roseli Senna. Gestão de desastres no Brasil. Estudo. Consultoria Legislativa. Câmara dos, 2012.)
- KAFLE, T. P.; HAZARIKA, M.K.; SAMARAKOON, L. Devel-opment of flood forecasting models for the Bagmati basin in Nepal. In: 28., 2007, Kuala Lumpur, Malaysia. Proceedings... [S.l.]: Asian Conference on Remote Sensing 2007.
- MELLER, Adalberto; BRAVO, Juan Martín; COLLISCHONN, Walter. Assimilação de dados de vazão na previsão de cheias em tempo-real com o modelo hidrológico MGB. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, n. 3, p. 209-224, 2012.
- QUEIROZ, E.; BODSTEIN, A. Território e Bacias Hidrográficas: reflexões a propósito da gestão de recursos hídricos e seus possíveis desdobramentos sobre as práticas de Defesa Civil frente aos desastres de origem hídrica. *Revista Científica Internacional*. Nova Iorque, n.16, jan-mar, 2011.
- RIO GRANDE DO SUL. Proposição da Arquitetura do Sistema Estadual de Gestão Integrada de Riscos de Desastres: Produto 2- Diagnóstico dos Sistemas de Monitoramento e Alerta, Porto Alegre, 2017a.
- RIO GRANDE DO SUL. Proposição da Arquitetura do Sistema Estadual de Gestão Integrada de Riscos de Desastres: Produto 8-Relatório Final, Porto Alegre, 2017b
- SHADECK, Rafael et al. A atuação da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) na gestão de riscos e respostas a desastres naturais. 2013.
- SIQUEIRA, VINÍCIUS ALENCAR; COLLISCHONN, WALTER; Fan, Fernando Mainardi; CHOU, SIN CHAN . Ensemble flood forecasting based on operational forecasts of the regional Eta EPS in the Taquari-Antas basin. *RBRH*, v. 21, p. 587-602, 2016.