

## VALIDAÇÃO DE LIMIARES DE INUNDAÇÃO PARA AS BACIAS HIDROGRÁFICA DO CAÍ E SINOS ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATELITE

Lucas Giacomelli <sup>1</sup>; Marcela Nectoux <sup>2</sup>; Cátia Valente <sup>3</sup>; Fernando Scotta <sup>4</sup> & Fernando Fan <sup>5</sup>

**Palavras-Chave** – Limiares de Inundação; Gestão de Risco de Desastres; Sala de Situação

### INTRODUÇÃO

As inundações são processos naturais essenciais à dinâmica fluvial as quais influenciam atividade humana e sua ocupação espacial (MACKLIN; LEWIN, 2015). Nas últimas décadas em função do aumento populacional e surgimento de ocupações inapropriadas, ou seja, próximo às várzeas de inundação, o número de pessoas afetadas e os prejuízos econômicos em função das inundações têm aumentado de forma significativa (GOERL; MICHEL; KOBAYAMA, 2017).

A combinação entre crescimento populacional e falta de investimentos em planejamento e infraestrutura para amenizar os efeitos das inundações, deixam a população em áreas vulneráveis aos efeitos destes eventos extremos. Neste contexto, para amenizar os efeitos das cheias e inundações surgem às medidas chamadas não estruturais, dentre elas destaca-se o mapeamento de áreas de risco, simulações e previsões hidrológicas através de modelos hidrológicos, estações telemétricas, além de Sistemas de Alerta de Cheia (SAC).

Visando compor hidrogramas de saída de modelos hidrológicos, bem como hidrogramas de estações fluviométricas para que sejam entendidos por técnicos e demais usuários, surge à demanda de metodologias para estimativa e validação de limiares de inundação, representando o valor aproximado de vazão ou de nível em que o rio extrapola seu leito maior em determinado ponto. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é estudar uma metodologia de estimativa e validação de limiares de inundação a partir de imagens de satélite, considerando as bacias dos rios Caí e Sinos no Rio.

### METODOLOGIA

Para validação da metodologia proposta, buscou-se rios com estações telemétricas com dados de limiares de inundação já validados em campo, como é o caso do rio Caí e do Sinos, os quais possuem nas estações Barca do Caí (87170000) e Passo Montenegro (87270000) – no Caí valores consolidados de limiares de inundação validados pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM e no Sinos na estação Campo Bom (87380000), limiares consolidados pela Sala de Situação da SEMA-RS, além da estação São Leopoldo (87382000) a qual ainda não possui limiares de inundação consolidados. Todas estas estações mencionadas são operadas pela CPRM e possuem dados históricos a mais de 50 anos, possibilitando o estimar valores dos níveis e vazões de permanência, assim como de tempos de retorno das cheias neste rio.

O download dos dados das séries histórica das estações mencionadas foi realizado através do site <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Os dados diários de nível foram organizados para que fossem calculadas as permanências de cada nível e seu respectivo tempo de retorno para as estações, correlacionando com os valores dos limiares de inundação de 1000cm para a estação Barca do Caí, 600cm para a estação Passo do Montenegro e 550cm para a estação Campo Bom.

Nas estações consideradas para o Rio Caí, as cotas de inundação mencionadas correspondem a um tempo de retorno de 1,2 anos. Já na estação Campo Bom, o período de retorno para a cota de inundação considerada o tempo retorno calculado foi de 1,1 anos. Para a estação São Leopoldo, buscou-se a cota de inundação referente a um tempo de retorno de 1,1 anos: 350cm. Posteriormente foram buscadas imagens dos satélites Sentinel e Landsat 8 em dias que o nível dos rios Caí e Sinos tenham ultrapassado os limiares nas estações consideradas no período de 2013 a 2018. Deste modo foi possível baixar 4 imagens através do site <https://earthexplorer.usgs.gov/> referentes aos dias:

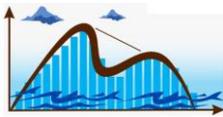
1) Sala de Situação SEMA RS, Borges de Medeiros nº261, 12º andar sala 1205, (51) 3288-8158, giacomelli\_lucas@outlook.com

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

3) Sala de Situação SEMA RS, Borges de Medeiros nº261, 12º andar sala 1205, (51) 3288-8158, catiavalente@somarmeteorologia.com

4) Divisão de Planejamento SEMA RS, Borges de Medeiros nº261, 12º andar sala 1205, (51) 3288-8158, fernando-scotta@sema.rs.gov.br

5) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, fernando.fan@ufrgs.br



05/10/2018; 05/09/2019; 26/08/2018 e 15/10/2017 todas no horário das 10h30min em dias que as condições climáticas não dificultassem o imageamento.

Após, as imagens foram analisadas em locais próximos às estações utilizadas buscando manchas de inundação que caracterizassem que a cota de inundação fosse superada e dentre as imagens consideradas, a inundação do dia 05/09/2018 foi a com maior mancha de inundação perceptível, já nas três demais imagens analisadas, as machas de inundação foram semelhantes.

Por fim foram elaborados os hidrogramas de cada uma das quatro estações para um período de 20/08/2018 a 20/09/2018 para correlacionar com as imagens de áreas inundadas do Rio Caí nas proximidades no município de São Sebastião do Caí e do rio dos Sinos nas proximidades do município de Campo Bom ambas imageadas às 9 da manhã do dia 05/09/2018. Para a imagem do rio Cai do dia 05/10/2019 os hidrogramas elaborados foram do período de 21/09/2018 a 20/10/2018. Visando compor os hidrogramas foram inseridas às cotas de inundação e níveis médios referentes a cada uma das estações, conforme apresentado a seguir.

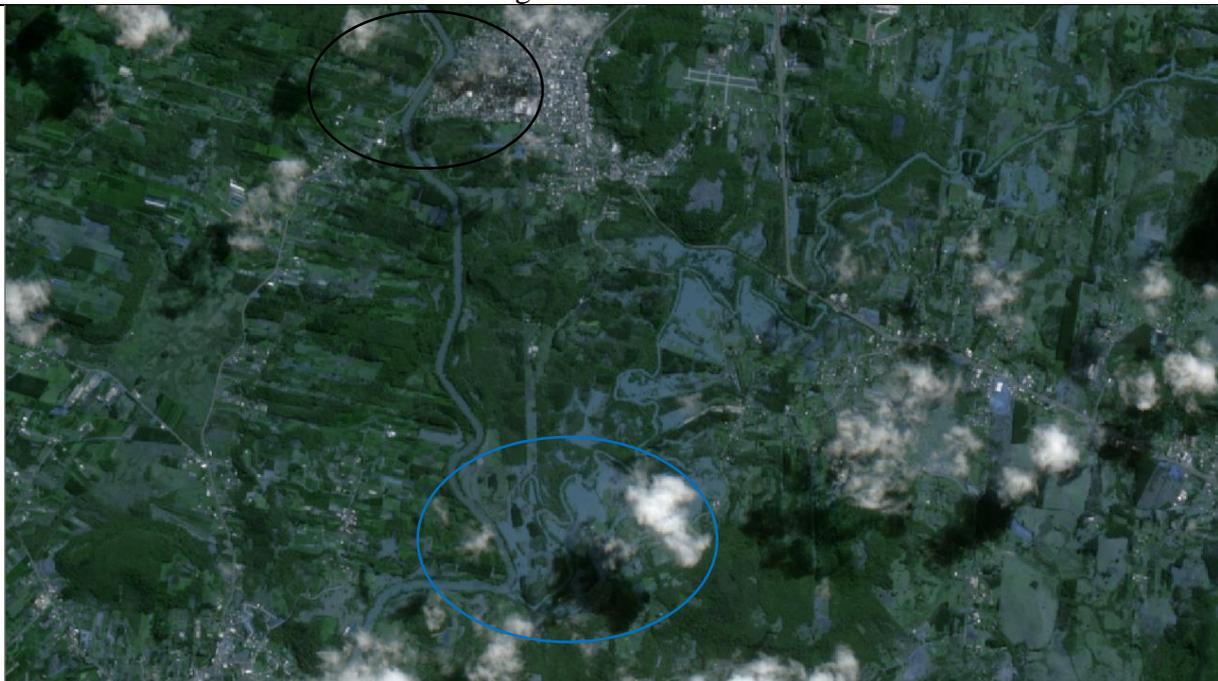
## RESULTADOS

No primeiro caso, o Rio Caí havia superado a cota de inundação na estação Barca do Caí entre os dias 02 e 04 de setembro e na data da imagem já estava em recessão. Já na estação Passo do Montenegro, a qual fica a jusante da outra estação, este mesmo esteve acima da cota de inundação entre os dias 02 e 06 e no momento do imageamento também estava em recessão, porém a cota medida nesta estação era de 672cm, ou seja, 72cm acima da cota de inundação naquele ponto.

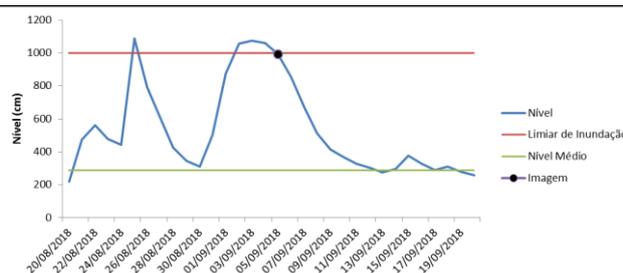
Na imagem analisada, pode-se observar os pontos de inundação em áreas próximas a confluência com o Rio Cadeia e em alguns pontos a jusante deste local (em azul). Enquanto nas proximidades do município de São Sebastião do Caí (em preto), não foram observadas manchas de inundação significativas.

Tabela 1 – Primeiro imageamento Rio Caí.

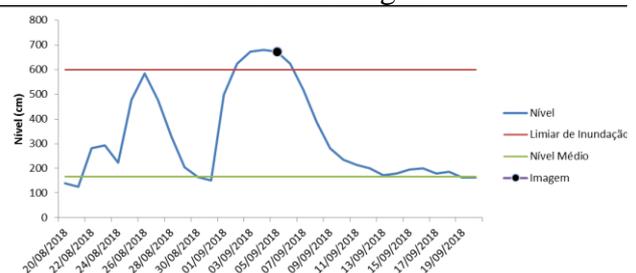
Data da Imagem: 05/09/2018 – Rio Caí

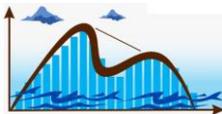


Barca do Caí



Passo Montenegro





Na situação a seguir, um mês após o caso analisado anteriormente, o Rio Caí atingiu um o pico de cheia o qual ultrapassou a cota de inundação no dia 03/10 na estação Barca do Caí e no dia 04/10 na estação Passo do Montenegro. Porém pode-se observar nos hidrogramas de ambas as estações que as cotas de inundação foram superadas somente na ordem de centímetros em ambas as estações, ou seja, em 14 cm em Barca do Caí e apenas 2cm em Montenegro.

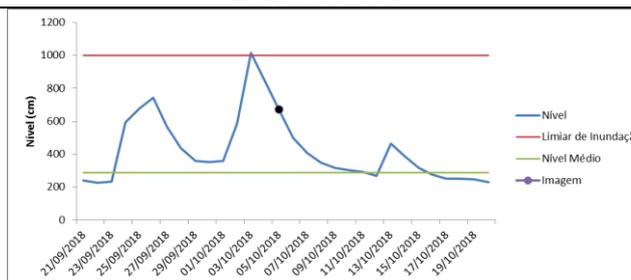
Analisando a imagem, pode-se observar pontos de alagamento também nas proximidades entre a confluência dos rios Caí e Cadeia (em azul), porém as áreas inundadas são significativamente menores do que na imagem anterior. Algumas áreas alagadas são observadas também em locais pouco mais afastados dos leitos de ambos os rios, neste caso, entende-se que tal situação está diretamente relacionada a alagamentos em função das chuvas ocorridas nestas áreas.

Tabela 2 – Segundo imageamento no Rio Caí.

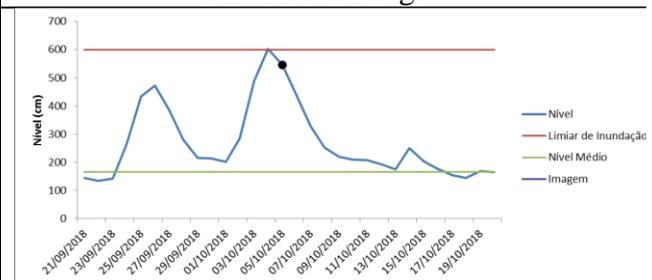
Data da Imagem: 05/10/2018 – Rio Caí



Barca do Caí



Passo Montenegro



A tabela a seguir refere-se ao Rio dos Sinos, as imagens apresentadas são nas proximidades do município de Campo Bom e são referentes aos mesmos dias considerados anteriormente para o Rio Caí, ou seja, respectivamente nos dias 05/09/2018, onde observa-se que o Rio dos Sinos também superou seu leito de inundação nas proximidades do município de Campo Bom.

Com base nos hidrogramas pode-se observar que na data da imagem o Rio dos Sinos ainda estava em elevação em ambas às estações analisadas. Pode-se observar no hidrograma da estação Campo Bom que este rio esteve acima do limiar de inundação (550cm) entre os dias 01 e 11 de setembro e na data da imagem a cota era de 707cm, ou seja, 157 acima do limiar de inundação considerado. Já na estação São Leopoldo, o limiar de inundação considerado não foi igualado ou superado.

Observa-se na imagem uma considerável área inundada ao redor do Rio dos Sinos nas proximidades de Campo Bom (em preto), conforme mostrado abaixo. Também foram observadas manchas de inundação na várzea de inundação a jusante do município de São Leopoldo.

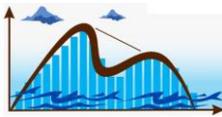
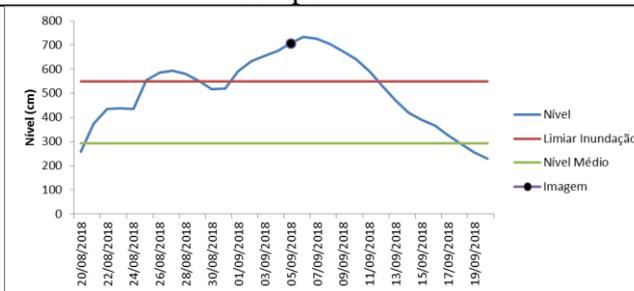


Tabela 3 – Imageamento Rio dos Sinos.

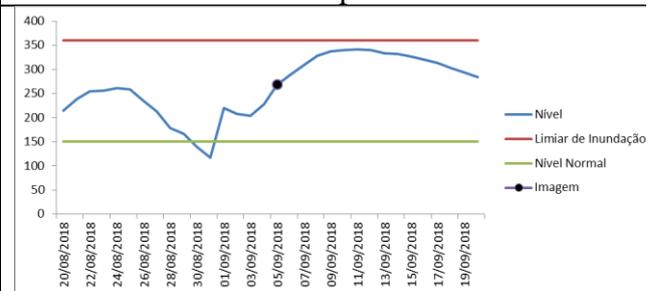
Data da Imagem: 05/09/2018 – Rio dos Sinos



Campo Bom



São Leopoldo



## CONCLUSÕES

De modo geral, destaca-se que a utilização de imagens Sentinel para analisar e validar limiares de inundação pré-definidos mostrou-se viável, porém cabem as seguintes considerações:

- Os imageamentos são limitados a condições climáticas favoráveis, ou seja, principalmente em dias sem a presença de nuvens, portanto somente algumas inundações são possíveis de ser imageadas;
- Como os imageamentos são realizados somente uma vez a cada 5 dias, tal método torna-se dificultado em rios de rápida resposta às chuvas, ou seja, rios com rápido tempo de concentração;
- Alguns pontos com alagamentos podem ser confundidos com as manchas causadas por inundações, portanto as imagens devem ser avaliadas detalhadamente;
- As manchas de inundação podem ser observadas principalmente nas regiões de várzea, sendo que muitas vezes as estações estão localizadas em pontos onde as margens são mais íngremes, ou seja, as inundações são de mais difícil ocorrência nestes pontos, portanto em boa parte dos casos, as manchas de inundação não são perceptíveis nestes locais, somente em pontos a jusante ou a montante.

## REFERÊNCIAS

- GOERL, Roberto Fabris; MICHEL, Gean Paulo; KOBAYAMA, Masato. Mapeamento de áreas susceptíveis a inundação com o modelo HAND e análise do seu desempenho em diferentes resoluções espaciais. Revista brasileira de cartografia. Vol. 69, n. 1 (2017), p. 61-69, 2017.
- MACKLIN, M.G.; LEWIN, J. The rivers of civilization. Quaternary Science Reviews, v. 114, p. 228-244, 2015.
- SACE, CPRM. (2020). Sistema de Alerta de Eventos Críticos –Serviço Geológico Brasileiro, disponível em: <http://www.cprm.gov.br/sace/>.