

## UTILIZAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA DE APOIO PARA DETECÇÃO DE ÁREAS DE RISCO

*Use of remote sensing as a support tool for risk area detection*

**Ricardo Freddo**

**Universidade Federal do Pampa**

Laboratório de Sistemas Inteligentes e Modelagem - LabSIM  
Rua Joaquim de Sá Britto, s/n – Itaqui-RS / CEP 97650-000  
Ricardo.freddo@hotmail.com

**Natália Carvalho de Amorim**

**Universidade Federal do Pampa**

Laboratório de Sistemas Inteligentes e Modelagem - LabSIM  
Rua Joaquim de Sá Britto, s/n – Itaqui-RS / CEP 97650-000  
nataliaamorim@unipampa.edu.br

**Rogério Rodrigues de Vargas**

**Universidade Federal do Pampa**

Laboratório de Sistemas Inteligentes e Modelagem - LabSIM  
Rua Joaquim de Sá Britto, s/n – Itaqui-RS / CEP 97650-000  
rogeriovargas@unipampa.edu.br

**Robert Martins da Silva**

**Universidade Federal do Pampa**

Núcleo de Estudos em Cartografia e Agrimensura - NECA  
Rua Joaquim de Sá Britto, s/n – Itaqui-RS / CEP 97650-000  
robertsilva@unipampa.edu.br

**Alexandre Bernardino Lopes**

**Universidade Federal do Paraná**

Centro de Estudos do Mar - CEM  
Av. Beira-mar, s/n - Pontal do Paraná-PR / CEP 83255-976  
ablopesrp@ufpr.br

### Resumo:

Enchentes e inundações são eventos recorrentes e que estão correlacionados com intensidade de chuvas, relevo, propriedades físico-químicas do solo e até mesmo as ações antrópicas. O rápido crescimento das áreas urbanas brasileiras resultou em um processo desordenado de ocupação, fato que originou diversos problemas nas esferas social e ambiental, sendo que uma parcela da população acabou por ocupar áreas ribeirinhas criando situações de risco e vulnerabilidade. Neste sentido, um dos maiores desafios dos gestores é a determinação de áreas de risco e a elaboração de metodologias para mitigar ou até mesmo erradicar esta situação no longo prazo. O Sensoriamento Remoto é uma tecnologia que apresenta um enorme potencial para uso como ferramenta de apoio à tomada de decisão em planejamento urbano. Este trabalho demonstra o uso de imagens do satélite Sentinel-2 para o município de Itaqui-RS tanto no período de leito normal, quanto no período de cheia do Rio Uruguai. Estas imagens foram

submetidas ao algoritmo de classificação não-supervisionada ckMeansImage para detecção de áreas de risco à inundação e, para validar os resultados obtidos, utilizou-se dados observados através do levantamento geodésico realizado na mesma área de estudo. O algoritmo foi executado e desta forma foram definidas três classes: Estrutura Urbana, Vegetação e Água. Percebeu-se que a área classificada como Água durante o período de cheia do Rio Uruguai coincide com o levantamento geodésico, validando assim os resultados obtidos através do Sensoriamento Remoto.

**Palavras-chave:** Classificação, Imagens Orbitais, Inundação.

### **Abstract**

Floods are recurrent events that are correlated with rainfall intensity, relief, soil physicochemical properties and even anthropogenic actions. The rapid growth of the Brazilian urban areas resulted in a disorderly process of occupation, a fact that caused several problems in the social and environmental spheres, and a portion of the population ended up occupying riverine areas creating situations of risk and vulnerability. In this context, one of the greatest challenges for managers is the determination of risk areas and the development of methodologies to mitigate or even eradicate this situation in the long term. Remote Sensing is a technology that has enormous potential for use as a tool to support decision-making in urban planning. This work demonstrates the use of Sentinel-2 Satellite images for the municipality of Itaquí-RS, both during the normal bed period and during the flood season of the Uruguay River. These images were submitted to the ck-meansImage non-monitored classification algorithm for the detection of flood risk areas and to validate the results obtained using the geodetic survey carried out in the same study area. The algorithm was executed and in this way three classes were defined: Urban Structure, Vegetation and Water. It was noticed that the region classified as Water during the flood period of the Uruguay River coincides with the geodetic survey, thus validating the results obtained through Remote Sensing.

**Keywords:** Classification, Orbital Images, Flood.

## **1. INTRODUÇÃO**

Dentre os eventos naturais mais recorrentes no Brasil, destacam-se as enchentes e inundações, eventos que ocorrem frequentemente. Os fatores que estão correlacionados com estes eventos geralmente são intensidades de chuvas, relevo, propriedades físico-químicas do solo, caracterização da vegetação regional e ações antrópicas (REIS, SANTOS, LOPES, 2011).

Dados do Censo de 2010, revelam que a maioria da população brasileira vive em áreas urbanas (IBGE, 2010). Os diversos fatores sociais e econômicos fizeram com que a população buscasse moradia nas áreas urbanas, porém sem atentar para um adequado processo de ordenação de ocupação do solo e correlata política habitacional (BRASIL, 2017).

Esta ocupação desordenada originou inúmeros problemas aos municípios, como déficit de moradias e terra urbanizada, de infraestruturas (trânsito, saneamento básico, segurança, saúde, etc.), desemprego, gerando falta de qualidade e condições dignas de vida para muitos, com exclusão e segregação espacial e social (BRASIL, 2017).

Um dos principais problemas enfrentados pela população urbana e um dos maiores desafios para os gestores são oriundos da ocorrência de inundações. A falta de planejamento aliada aos diversos fatores antrópicos, como a desordem ocupacional, contribuem fortemente para o advento de situações de risco ou vulnerabilidade (LONGATO, *et al.*, 2010). Áreas ribeirinhas são mais propensas aos impactos das grandes cheias.

Assim, fica clara a necessidade de desenvolver métodos para avaliar as áreas com potencial risco de alagamento para, assim, evitar ou minimizar os efeitos indesejados da ocupação desordenada do solo urbano.

As pessoas que habitam estas áreas encontram-se em situação de vulnerabilidade podendo sofrer perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários) (BRASIL, 2017).

A necessidade de uma nova metodologia para lidar com estes problemas faz com que haja uma forte demanda por uma visão holística da situação, isto é, deixar de tratar estes problemas de forma setorial e fomentar a total responsabilidade da prefeitura do município neste aspecto (BRASIL, 2017).

A evolução das tecnologias acarretou a criação de novas soluções em diversas áreas do conhecimento, sendo que a Geografia e a Cartografia puderam se beneficiar dessa evolução através do desenvolvimento das geotecnologias, que se tornaram ferramentas essenciais para aquisição, análise, processamento e manipulação de dados (GONZALEZ , COSTA, 2016). Apesar da evolução das tecnologias para obtenção de dados geoespacializados e recursos computacionais de manipulação, muitos municípios de pequeno e médio porte não dispõem destas ferramentas devido a falta de recursos para se contratar os serviços ou carência de mão de obra especializada para manipulação dos sistemas de geoinformação. Assim, métodos eficientes e facilmente aplicáveis possuem enorme potencial, não só para delimitação de áreas de risco, mas também para outros pré-requisitos necessários à elaboração de um CTM.

Uma destas tecnologias que vem apresentando grande potencial para uso e aplicações dentro das prefeituras brasileiras é o Sensoriamento Remoto, que pode ser definido como um conjunto de técnicas que objetivam obter informações acerca de uma determinada área geográfica, através de dispositivos sensores acoplados em satélites, aviões ou outros meios, que não possuem contato direto com a superfície de estudo (GRÍGIO, 2003).

As imagens, principais produtos do Sensoriamento Remoto, têm tido uma forte participação no suporte ao planejamento territorial em países em expansão. O uso de sensores tem aumentado a competitividade neste segmento, a interatividade e barateamento dos recursos computacionais têm propiciado o acesso a esta informação a um maior número de usuários. As imagens de resolução espacial há muito consolidaram sua participação nas aplicações relativas ao monitoramento da expansão urbana (DE BESSA, 2005).

Desta forma, o objetivo deste trabalho é demonstrar a aplicação de uma das tecnologias do Sensoriamento Remoto na detecção de áreas de risco à inundação no município de Itaquí – RS através da discussão dos resultados obtidos computacionalmente e da validação destes resultados comparando com informações adquiridas em levantamento geodésico da mesma área de estudo.

Este artigo está assim dividido: A seção 1 mostrou a introdução do trabalho, a seção 2 mostra o material e método, a seção 3 mostra a discussão dos resultados e por fim, a seção 4, faz as considerações finais deste trabalho.

## **2. MATERIAL E MÉTODO**

O Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM), não visa fornecer somente as informações necessárias à tributação. Como relata LIMA (1999), o CTM é um conjunto de informações gráficas e descritivas de uma porção da superfície terrestre, contendo as propriedades imobiliárias corretamente georreferenciadas, possibilitando o conhecimento detalhado sobre todos os aspectos levantados, tendo em vista a Gestão Ambiental de forma racional, legal e econômica. A partir disso, as subseções seguintes descrevem o material e os métodos utilizados

para auxiliar na identificação de áreas de risco, objetivando auxiliar na gestão do território municipal, por meio de técnicas e ferramentas de sensoriamento remoto.

## 2.1 Material

Neste estudo foram obtidas imagens do satélite Sentinel-2, disponíveis no repositório do Land Viewer<sup>1</sup>. As imagens são datadas de 02 de junho de 2017, quando o Rio Uruguai encontrava-se 11 metros acima do nível normal, equivalente a uma altitude ortométrica (H) de 53,6235 metros. Utilizou-se uma composição das bandas 4, 8, e 3 referentes ao RGB (*Red, Green, Blue*), com resolução espacial de 10 metros.

A composição da imagem, mostrado na Figura 1 é realizada pelo *software* TerrSet (EASTMAN, 2016).



Figura 1 - Composição 483 do satélite Sentinel-2. Fonte: O autor.

A detecção das áreas de risco deu-se através do processo de segmentação de imagens com uso do Algoritmo ckMeansImage (VARGAS, 2018).

<sup>1</sup>Disponível em: <https://eos.com/landviewer/>

O trabalho de SILVA; MOREIRA; LOPES (2017) realizou um levantamento geodésico na área urbana afetada pela cheia do rio no ano de 2014, onde as altitudes ortométricas foram obtidas através da junção dos métodos de posicionamento GNSS (*Global Navigation Satellite System*) e nivelamento geométrico, conforme Featherstone, Dentith e Kirby (1998).

A sobreposição da imagem processada pelo Algoritmo ckMeansImage com os dados do levantamento geodésico foram realizadas no *software* QGIS (QGIS, 2017).

## 2.2 Métodos

O território municipal de Itaquí pertence à microrregião da Campanha Ocidental, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), composta pelos municípios de Alegrete, Barra do Quaraí, Garruchos, Itaquí, Maçambará, Manoel Viana, Quaraí, São Borja, São Francisco de Assis e Uruguai, que se localiza na fronteira-oeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Segundo o IBGE, a superfície do município de Itaquí é de 3.913,90 Km<sup>2</sup>, distante aproximadamente 670 km da capital Porto Alegre-RS, 400 km de Santa Maria, centro geográfico do Estado. Itaquí tem uma população segundo o Censo de 2010 de 38.166 habitantes, clima subtropical, tendo como via de acesso a BR 287 e BR 472. A Figura 2 mostra o mapa de localização de Itaquí.

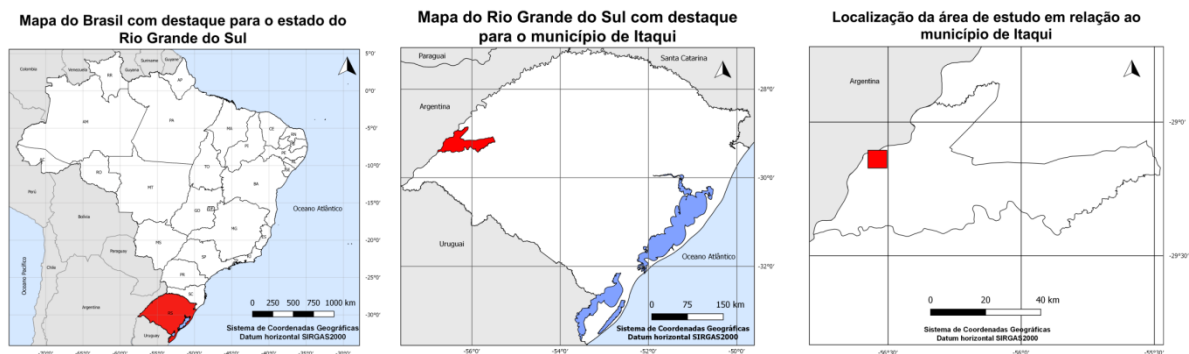


Figura 2 - Localização da área de estudo. Fonte: O autor.

Os eventos extremos de inundação no município de Itaquí vêm ocorrendo com maior frequência desde o ano de 2014, causando transtornos para a população e perdas econômicas para o município, uma vez que a área inundada atinge a comunidade ribeirinha, parte do comércio e lavouras de arroz, principal fonte econômica. A Figura 3 mostra algumas fotos do transtorno ocasionado aos moradores da cidade.

O uso do Sensoriamento Remoto como metodologia, apresenta procedimentos analíticos denominados avaliações ambientais, para áreas de riscos de enchentes, necessários à obtenção de informações confiáveis para o apoio à tomada de decisão quanto ao controle ambiental. As estimativas de riscos fornecem áreas sujeitas ao processo de inundações e o uso de geoprocessamento permite estimar áreas com altas possibilidades de enchentes (BERGAMO, 1999).



Figura 3 - Inundação em 2017. Fonte: (EB, 2017).

As etapas para a obtenção deste método deu-se nos seguintes passos:

- 1) Aquisição da imagem;
- 2) Processamento com o algoritmo Fuzzy ckMeansImage com os seguintes parâmetros: *fuzziness* 1,25, o critério de parada é 0,001 e 3 grupos. A ferramenta pode ser acessada no seguinte endereço: <http://labsim.unipampa.edu.br/labsim/ckMeansImage>;
- 3) Levantamento geodésico da área urbana;
- 4) Sobreposição dos pontos para validar o algoritmo ckMeansImage utilizando o QGIS.

### 3. RESULTADOS

O município de Itaquí é alvo de vários estudos devido ao aumento das ocorrências de eventos extremos de inundação, acarretando em transtornos para a população e perdas econômicas para o município. As inundações atingem ribeirinhos, inclusive casas e comércio distantes do rio, prejudica o cultivo da orizicultura e os campos de pastagens, visto que o solo fica sob a água por um grande período de tempo.

Sendo os métodos topográficos e geodésicos os mais confiáveis para levantamentos, comparou-se os pontos rastreados de SILVA (2017) com a imagem segmentada com o Algoritmo ckMeansImage. A validação do método de utilização de Sensoriamento Remoto como ferramenta de apoio na identificação de áreas de risco se dá por alguns pontos rastreados estarem na área classificada como água. O resultado do levantamento geodésico é apresentado na Figura 4.

Com os pontos rastreados, mostrados na Figura 4, foi possível gerar um MDT (Modelo Digital de Terreno) vinculado ao SGB (Sistema Geodésico Brasileiro). As cotas do rio também foram vinculadas ao SGB, o que possibilitou determinar a área urbana atingida pelas cheias do Rio Uruguai em qualquer cenário (SILVA, 2017)

Utilizando métodos computacionais no processo de segmentação de imagens de sensoriamento remoto, especificamente o Algoritmo ckMeansImage, obteve-se a Figura 5 como resultado.

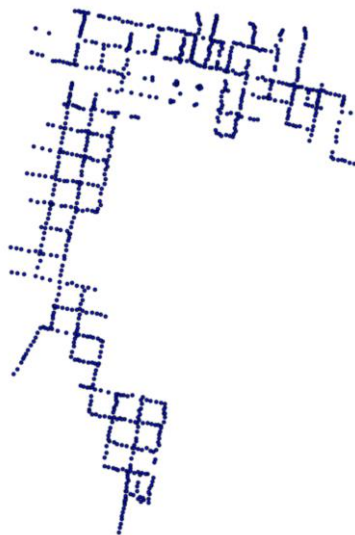


Figura 4 - Levantamento geodésico. Fonte: (SILVA, 2017).

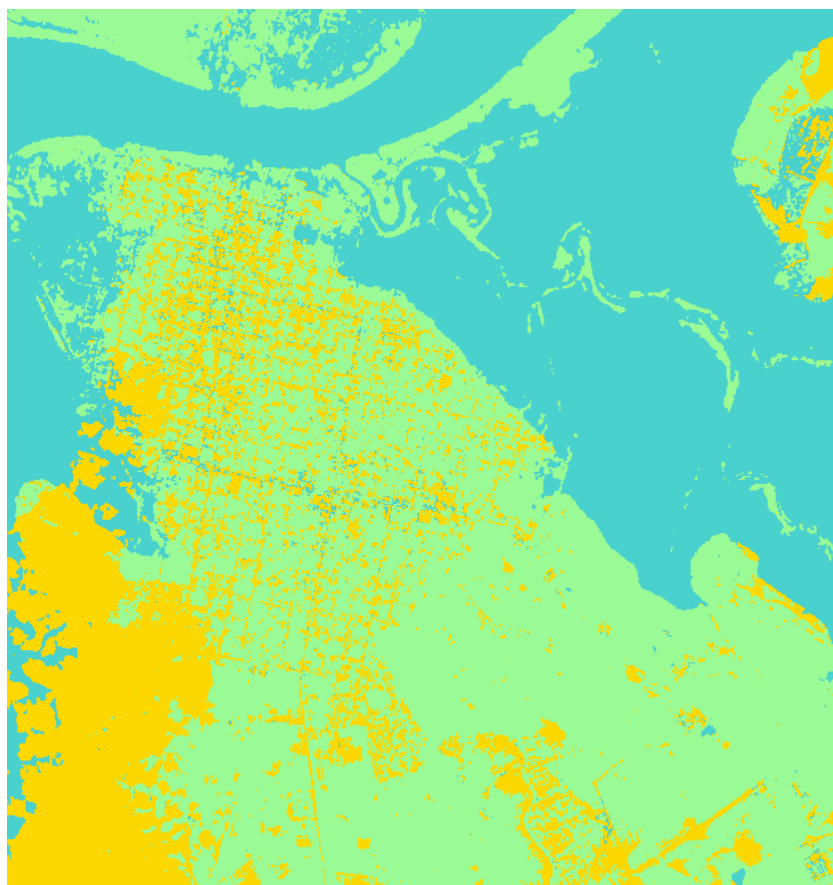


Figura 5 - Imagem segmentada com o Algoritmo ckMeansImage. Fonte: O autor.

Com o processamento, é possível inferir as áreas que sofrem inundação a partir da ocorrência do evento extremo de cheia. A área que o algoritmo classificou com coloração amarela, representa a estrutura urbana do município e nuvens. O grupo classificado na coloração verde faz referência aos locais com vegetação. Por fim, a coloração azul representa água.

Para validar o método de apoio utilizando Sensoriamento Remoto objetivando identificar áreas de risco, o levantamento geodésico foi sobreposto sobre a imagem processada. O resultado é apresentado na Figura 6.

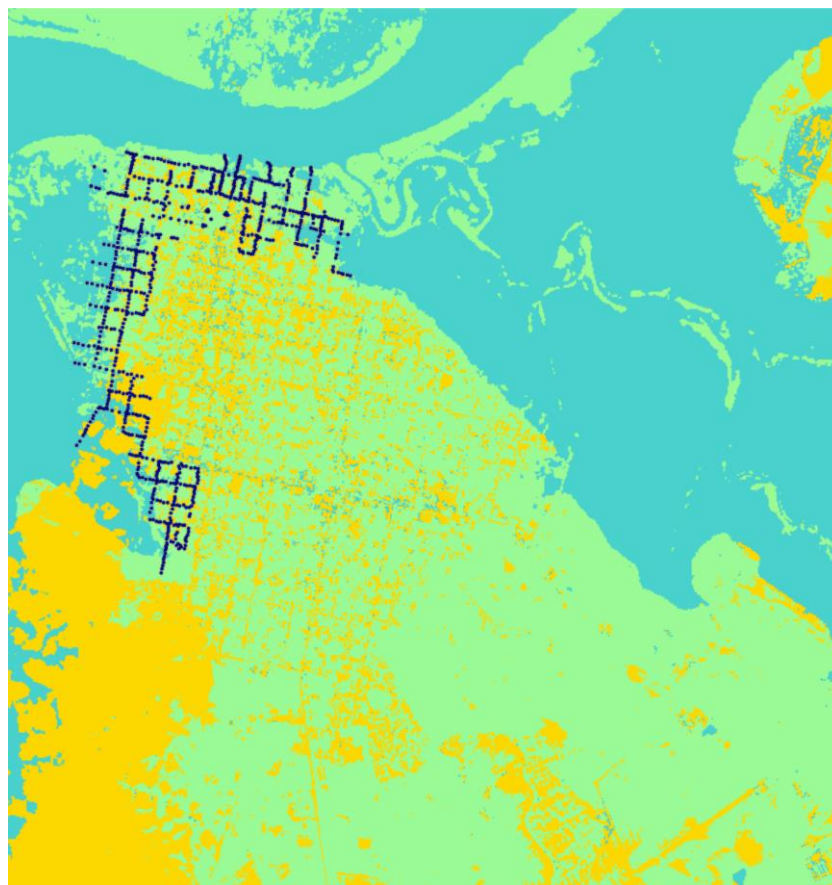


Figura 6 - Imagem segmentada com os dados geodésicos sobrepostos. Fonte: O autor.

É possível observar que alguns pontos rastreados encontram-se localizados na área classificada como água (coloração azul), representando a área inundada. O fato dos pontos rastreados cobrirem a área inundada possibilita encontrar as cotas de inundação e com isto confrontar os dados obtidos na classificação de imagem.

Utilizou-se a interpolação por *Krigagem* ordinária nos dados geodésicos de SILVA (2017) para gerar um modelo que demonstra a área inundada com precisão (representada pela coloração azul, conforme mostrado na Figura 7).



Figura 7 - Modelo Digital de Elevação interpolado por *Krigagem*. Fonte: O autor.

Analisando as Figuras 5 e 7 é possível verificar que existe uma similaridade entre os resultados obtidos com a classificação de imagens e com os dados geodésicos, pode-se observar também que a precisão do método de classificação de imagens depende da resolução de imagens, ou seja, em imagens com alta resolução pode-se obter maior detalhamento de áreas inundáveis, enquanto o método geodésico depende da densidade de pontos, que pode tornar o método caro e com maior tempo de aplicação.

Cabe ressaltar também que em áreas urbanizadas ou com vegetação a classificação de imagens pode ser prejudicada, pois pode ocorrer que a inundação não atinja o topo das construções ou topo das árvores. Neste contexto a aplicação de métodos automatizados deve ser feita com critério. Ainda, é possível concluir que o processo de segmentação potencializou destacar a área inundada, com o rio acima 11 metros do seu nível normal.

A Figura 8 mostra o rio em seu nível normal e possibilita a visualização da área atingida.

Observe que a área destacada em azul mostra que uma parte considerável da área urbana abrangendo muitas benfeitorias são atingidas, ressaltando a importância da detecção de áreas de risco.

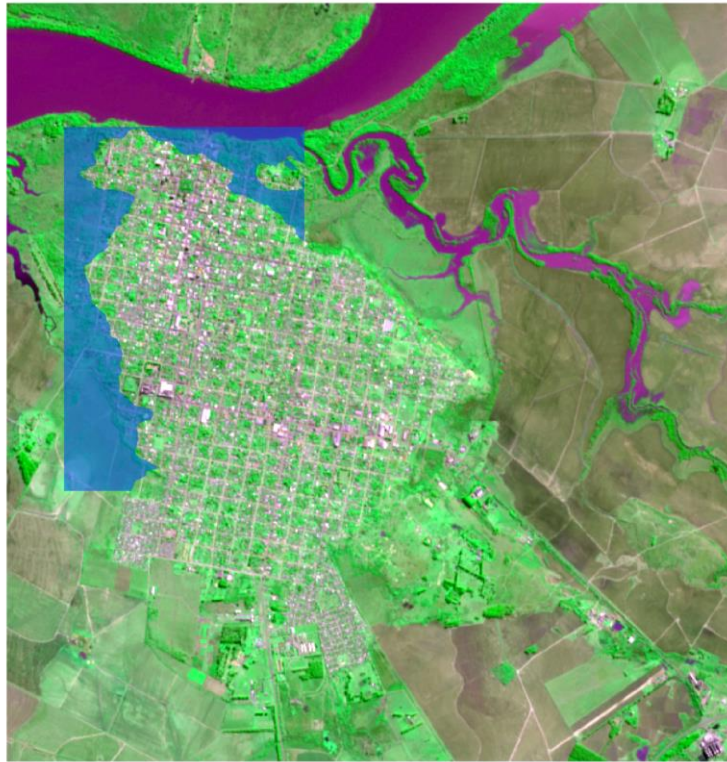


Figura 8 - Modelo Digital de Elevação interpolado por *Krigagem* com o rio em nível normal. Fonte: O autor.

Além da importância no planejamento urbano, o mapeamento de áreas de riscos (no caso inundações) é fundamental na elaboração de planta de valores que interfere diretamente no cálculo do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). Para se aplicar com critério as correções na planta de valores os métodos de classificação do solo devem ser seguros e eficientes.

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho propõe o uso de técnicas de Sensoriamento Remoto como ferramenta de apoio para detecção de áreas de risco através do monitoramento de inundações. Para tal, foram adquiridos dados de levantamento geodésico da zona urbana de Itaquí, seguido do processamento de uma imagem de satélite de sensoriamento remoto em época de cheia do Rio Uruguai pelo Algoritmo *ckMeansImage*. Por fim, os pontos levantados por métodos geodésicos devem estar geograficamente localizados na área classificada como inundada.

O Algoritmo *ckMeansImage* no processo de segmentação de imagens em análise real, apresentou resultados satisfatórios, visto que obteve relação com os dados geodésicos. Então, esta metodologia serve como suporte para fins de gestão territorial e ambiental na detecção de áreas de risco. Sendo este método barato e eficiente, comparado ao método geodésico, e de grande potencial na elaboração do CTM. Vale ressaltar que no caso de áreas sujeitas à enchentes

existem algumas limitações que estão ligadas à resolução de imagens e locais onde se tem vegetação de grande porte e construções.

Nesse contexto, os instrumentos geotecnológicos são importantes, destacando o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), pois, por meio desses, pode-se obter informações do espaço urbano, o que permite minuciosas análises e a tomada de decisões mais precisas. O Sensoriamento Remoto aplicado no monitoramento de inundações em áreas urbanas mostra-se como um método de respostas rápidas e de baixo custo operacional se comparado com os métodos convencionais de levantamentos geodésicos e topográficos.

Como trabalhos futuros pretendem-se aplicar este mesmo método a outras áreas de riscos, abrangendo outras cidades e/ou regiões, como a fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul, regiões estas, que sofrem constantemente com o fenômeno de inundações do Rio Uruguai e seus afluentes. Ainda, servir de aporte aos órgãos públicos responsáveis pela gestão territorial.

### **Referências Bibliográficas**

BERGAMO, R. B. A. **Diagnóstico ambiental no município de Mangaratiba, RJ: uma análise por geoprocessamento.** 1999. 237 f. Dissertação (Mestrado em Geologia de Engenharia e Ambiental) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BRASIL. **Áreas de risco: ocupações em planícies de inundação.** Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2017.

DE BESSA, Julio Cezar Martins. **Utilização de imagens de sensoriamento remoto de alta e média resoluções espaciais na geração de informação sobre ocupações urbanas como subsídio ao planejamento.** 2005. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso.

DOS REIS, João Bosco Coura; DOS SANTOS, Thiago Batista; LOPES, Eymar Silva Sampaio. **Monitoramento em tempo real de eventos extremos na região metropolitana de são paulo – uma aplicação com o sismaden.**

EASTMAN, R. **TerrSet Geospatial Monitoring and Modeling software.**2016. Worcester: ClarkLabs.

EB. Exército Brasileiro. 1º Regimento de Cavalaria Mecanizado. **Seção de Comunicação Social. Apoio as famílias atingidas pela enchente.** 2017.

FEATHERSTONE, W. E.; DENTITH, M. C.; KIRBY, J. F. **Strategies for the accurate determination of orthometric heights from GPS.** Taylor & Francis, 1998. v. 34. 278–296 p.

GONZALEZ, Denise; COSTA, Alexander da. Análise da percepção de risco e vulnerabilidade a partir dos alunos do ensino médio na vivência de Nova Friburgo RJ após desastre natural de 2011. **GOT, Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 9, p. 187-211, 2016.

GRIGIO, Alfredo Marcelo. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. 2003. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).

LIMA, O. P. (1999): **Proposta metodológica para o uso do Cadastro Técnico Multifinalitário na Avaliação de Impactos Ambientais**, In Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, SC. p. 147.

LONGATO, Mauricio de Figueiredo; DA SILVA, Rodrigo Dias Ribeiro; DE ÁVILA, Ana Maria Heuminski; PINTO, Hilton Silveira. Identificação de Regiões com risco potencial de enchentes usando algoritmo de correlação. **In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2010, Belém, PA. A amazônia e o clima global: Anais.

QGIS Development Team (2017). **QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project**. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>".

SILVA, R. M. ; MOREIRA, V. S. ; LOPES, A. B. . **Geodetic method to obtain a digital elevation model associated to the Brazilian Geodetic System**. In: International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR), 2017. IJETR, 2017. v. 7.

SILVA, R. M.. **Proposta de metodologia para definição de um modelo digital de elevação para monitoramento de áreas de inundação**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pampa.

VARGAS, R. R. de et al. Identifying pixels classified uncertainties ckMeansImage algorithm. In: MEDINA, J. et al. (Ed.). **Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems. Applications**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 429–440.