

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

VÍCTOR LUÍS PADILHA

**USO DA NEOCARTOGRAFIA NA GESTÃO DO TERRITÓRIO**

ARTIGO

MEDIANEIRA

2018

VÍCTOR LUÍS PADILHA



**USO DA NEOCARTOGRAFIA NA GESTÃO DO TERRITÓRIO**

**E a D**

**EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA**

Artigo apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios – Polo UAB do Município de Blumenau/SC, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

MEDIANEIRA

2018



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Uso da Neocartografia na Gestão do Território

Por

**Víctor Luís Padilha**

Este Artigo foi apresentado às 09h30 do dia 09 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios – Polo de Blumenau/SC, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado

---

Prof. Dr. José Hilário Delconte Ferreira  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(orientador)

---

Prof Dr. Edivando Vitor do Couto  
UTFPR – Câmpus Campo Mourão

---

Prof. Dr. Paulo Agenor Alves Bueno  
UTFPR – Câmpus Campo Mourão

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso-.

## RESUMO

O presente ensaio teórico almeja investigar os mecanismos geradores das inundações urbanas e sua representação hidrodinâmica, a partir da neocartografia iterativa em ambiente de realidade virtual. A principal motivação é a demanda pelo conhecimento de um modelo conceitual para o mapeamento de inundações de acordo com a ISO 19.152, que define diretrizes no âmbito do ordenamento territorial, e deste modo, busca-se estabelecer fundamentos sob a perspectiva tridimensional. Para a execução dos objetivos neste ensaio, é apresentada uma revisão de literatura considerando atividades de mapeamento aéreo com VANT, batimetria com o barco controlado remotamente Q-boat, modelagem hidrológica (HEC-HMS) e hidrodinâmica (HEC-RAS), além da aplicação dos resultados em ambiente de realidade virtual. Por fim, tem-se expectativa de que a abordagem utilizada possa ser uma importante ferramenta para a avaliação, controle e gestão de desastres ambientais por inundações, a ser utilizada pelo gestor no processo de tomada de decisão.

**Palavras-chave:** inundações, VANT, modelagem hidrodinâmica, HEC-RAS.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	11
DESENVOLVIMENTO DO ENSAIO TEÓRICO .....	13
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	20
ABSTRACT .....	21
REFERÊNCIAS.....	22

## INTRODUÇÃO

A inundação urbana ocorre quando as águas dos rios saem do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte deste sistema e ocupa áreas onde a população utiliza para moradia, transporte, entre outros usos, sendo uma ocorrência que pode ser considerada tão antiga quanto as cidades (TUCCI, 2004). De acordo com o World Disaster Report (2010), entre 2000 e 2008, as inundações afetaram um número de pessoas, com uma média de 99 milhões de pessoas por ano no planeta todo.

A inundação urbana ocorre quando as águas dos rios saem do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte deste sistema e ocupa áreas onde a população utiliza para moradia, transporte, entre outros usos, sendo uma ocorrência que pode ser considerada tão antiga quanto as cidades (TUCCI, 2004). De acordo com o World Disaster Report (2010), entre 2000 e 2008, as inundações afetaram um número de pessoas, com uma média de 99 milhões de pessoas por ano no planeta todo.

Em Santa Catarina, selecionando-se a cidade de Lages como estudo de caso, registrou-se diversas inundações e alagamentos, como por exemplo, nos anos de 1997, 2005, 2008, 2011 e 2013 (S2ID, 2017), o que, devido aos impactos causados, justifica e prioriza a execução de pesquisas para melhorar a gestão dos riscos de inundações, tal como praticada na União Europeia e nos Estados Unidos (CORDEIRO; RAFAELI NETO, 2015).

Uma grande dificuldade na análise de eventos extremos de inundação refere-se à disponibilidade de dados de nível e profundidade da água, vazão e abrangência espacial da área inundada para calibração dos modelos, o que leva a maior incerteza nos resultados obtidos (SANYAL; CARBONNEAU; DENSMORE, 2013). Por outro lado, ferramentas modernas podem auxiliar na simulação de inundações, fornecendo assim informações valiosas para a representação precisa do relevo ao longo do rio que está sendo simulado e, posteriormente, determinação da profundidade da água na área atingida pela inundação.

A combinação de modelos chuva-vazão e hidrodinâmico permitirão avaliar, por exemplo, o delineamento de área inundada para eventos ocorridos e para eventos projetados com diferentes tempos de retorno, além de abrir um leque de opções para testarem-se hipóteses (KNEBL et al., 2004). Isso remete ao uso do modelo

hidrodinâmico HEC-RAS que pode determinar a cota e mancha de inundação a partir das vazões geradas em um modelo hidrológico, como o HEC-HMS.

Neste estudo, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) será utilizado integrado com a modelagem hidrológica e hidrodinâmica (HEC-GeoHMS e HEC-GeoRAS), para estimar as áreas inundáveis em Lages e, possivelmente, em outros municípios, de acordo com os resultados preliminares. Em conjunto com a defesa civil do estado, a elaboração de uma estratégia integrada de desenvolvimento urbano para o estado de Santa Catarina, pretende-se considerar as necessidades da população local, bem como os limites físicos do desenvolvimento urbano sustentável.

Para um planejamento bem-sucedido do desenvolvimento futuro, é essencial compreender espacialmente e esclarecer matematicamente o impacto que os eventos de cheia podem causar. O foco principal deste estudo será desenvolver uma modelagem conceitual de mapeamento de inundação para alguns dos municípios do estado que contam com monitoramento de dados hidrológicos em escala horária, pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), descrevendo áreas com riscos de inundações frequentes, raras e excepcionais.

Com base nisso, hipóteses poderão ser testadas buscando o entendimento dos mecanismos geradores de inundação nas bacias hidrográficas dos estudos de caso. Nesse contexto, o presente estudo buscará analisar e avaliar preliminarmente as inundações da cidade de Lages/SC, e a partir do teste de hipóteses de influências nestes desastres, reaplicar para outros municípios a metodologia para que seja consistida uma modelagem conceitual de mapeamento de inundação. Como produto final do trabalho, espera-se ter uma integração de todas as geotecnologias abordadas no escopo metodológico num ambiente inovador e disponível de forma iterativa para o usuário baseado na LADM (Land Administration Domain Model) – ISO 19.152.

Os fundamentos do problema desta pesquisa, que irão fomentar os objetivos e os resultados esperados, serão construídos com base nas hipóteses:

- Há possibilidade de maior refinamento da qualidade geométrica dos dados para mapeamento tridimensional do terreno?
- A representação hidrodinâmica integrada a neocartografia interativa possui potencial inovador para diagnóstico da base de ocupação territorial em áreas inundáveis?

- Com a demanda por aplicação de geotecnologias mais precisas e facilidade de manuseio por parte do planejador, o ambiente da realidade virtual possui capacidade para auxiliar na tomada de decisão?
- Existe necessidade de criação de um modelo conceitual baseado na LADM – ISO 19.152, para mapeamento de inundações em pequenas e médias cidades?

## **DESENVOLVIMENTO DO ENSAIO TEÓRICO**

### **1. Gerenciamento de desastres naturais**

Cheias ou inundações são fenômenos de natureza geográfica que ocorrem no tempo e no espaço, cujos problemas decorrentes tendem a ser de difícil solução porque envolvem variáveis de natureza geográfica (domínio espacial), técnica (conhecimento científico), organizacional (níveis de decisão), social (variáveis do tomador de decisão) e temporal (RAFAELI NETO, 2000).

Problemas de cheias fundamentalmente são tratados em duas vertentes técnicas. A primeira aborda o problema estritamente sob o enfoque de alerta e tem sua base conceitual no modelo de KRZYSZTOFOWICZ & DAVIS (1983, a, b, c). Este modelo abrange atividades de monitoramento de informações hidrometeorológicas, previsão de estados futuros, via modelos matemáticos, e alerta a autoridades e/ou vítimas em potencial.

Na segunda vertente, problemas de cheias são tratados sob o conceito de Gerenciamento de Desastres Naturais (GDN). Trata-se de um conceito amplo que procura incluir não somente atividades relacionadas com alerta, mas também atividades que permitam prevenir e controlar o evento, melhorar a capacidade de resposta e ainda restaurar sistemas atingidos. Este domínio inclui o paradigma dos sistemas de alerta atuais e permite que se pense em atuações mais eficazes sobre os problemas de cheias, na medida em que suas fronteiras se estendem sobre horizontes mais distantes.

O Gerenciamento de Desastres Naturais abrange quatro etapas, que não seguem um padrão linear (MAHESHWARI, 1997), porém são cíclicas, com ações que se sobrepõem. A etapa de Preparação realiza o planejamento de estratégias para melhorar a capacidade de resposta operacional a uma emergência e ocorre na ausência dos eventos iminentes. A etapa de Resposta é uma das mais importantes



do modelo cíclico, pois são as ações coordenadas das instituições sociais quando os eventos estão na iminência ou mesmo ocorrendo. Quanto à etapa de Restabelecimento é a fase de retorno dos sistemas a níveis considerados normais. E a etapa de Mitigação objetiva reduzir ou eliminar a vulnerabilidade ao perigo de longo e médio prazo, prevenir futuros desastres e propiciar comunidades mais seguras.

## **2. Modelagem hidrológica: HEC-HMS**

O modelo HEC-HMS (*Hydrological Engineering Center - Hydrologic Modeling System*), utilizado neste trabalho, é um modelo matemático discreto, concentrado, empírico/conceitual e determinístico (USACE, 2000), desenvolvido pelo *US Army Corps of Engineers* (USACE) e disponibilizado gratuitamente na rede mundial de computadores. Possui o objetivo de simular o processo de chuva-vazão em bacias hidrográficas (USACE, 2000).

O modelo gera hidrogramas e informações referentes ao volume de escoamento, vazão de pico e tempo de escoamento, com base nas simulações dos processos hidrológicos. Tal modelo apresenta como vantagem a utilização de poucos parâmetros na calibração, bem como a adoção de diferentes combinações de vários métodos para representar os processos hidrológicos em diferentes locais e condições. Estas informações podem ser aplicadas em diversos estudos de drenagem urbana, previsão de vazões, impacto da urbanização, áreas de inundações, entre outros (USACE, 2000).

## **3. Modelagem hidrodinâmica: HEC-RAS**

O modelo hidrodinâmico HEC-RAS (*Hydrological Engineering Center - River Analysis System*), também desenvolvido pelo USACE/HEC e disponibilizado gratuitamente na rede mundial de computadores, possui uma abordagem permanente, unidimensional e gradualmente variada (USACE, 2016b). Esse modelo é uma ferramenta de auxílio para o gerenciamento e a delimitação da área de inundação de rios, análise de alterações de perfil de água inerentes às mudanças de geometria de canal, entre outros.

O modelo pode ser empregado em uma rede de canais naturais ou artificiais (USACE 2016a). O HEC-RAS possui uma interface gráfica para visualização tridimensional da simulação, capacidade de gerar gráficos e tabelas com resultados das simulações bem como componentes independentes para análise hidráulica. O

modelo tem como dados de entrada, os hidrogramas calculados por meio de um modelo hidrológico, seções transversais incluindo margem esquerda e direita, valores dos coeficientes de *Manning*, entre outros (KNEBL et al., 2004).

#### **4. Neocartografia iterativa**

Nos últimos anos, a Neocartografia ou Nova Cartografia, termo difundido pelos principais órgãos mundiais e no meio acadêmico, tem sido considerada como o ponto em que nos encontramos na história e evolução da ciência cartográfica, tornando-se a tendência nesta área da ciência, que a cada momento se transforma apoiada nas novas ferramentas integradas às geotecnologias (FREITAS, 2014). No contexto deste estudo, a Neocartografia se caracteriza por envolver a produção e o acesso aos documentos cartográficos por meio de novas formas de coleta de dados e interfaces (TURNER, 2013). Esta se torna iterativa, ao ser utilizada para a integração constante entre a coleta de dados com o uso de novas ferramentas de geotecnologias (VANT e Q-boat) e interfaces de representação com modelos hidrodinâmicos (HEC- RAS) e ambiente de realidade virtual.

As imagens do Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) trazem inovação para aplicações de monitoramento baseadas em imagens, como monitoramento ambiental, missões de reconhecimento e vigilância, levantamento de volumes, visualização tridimensional do terreno, entre outros, tendo como foco neste caso, o gerenciamento de desastres por inundação. Características como o voo de baixa altitude, manuseio fácil e baixo custo facilitam a geração de ortofotos de alta resolução temporal e espacial, em comparação com as plataformas existentes, como aviões e satélites (KIM et al., 2017).

O uso de ortofotos e seus respectivos produtos (nuvem de pontos, MDS, MDT, entre outros) voltados para o mapeamento dentro da pesquisa hidrológica relacionada com ordenamento territorial tem sido aplicado apenas recentemente (HERVOUET et al., 2011; RAU et al., 2011; D'OLEIRE-OLTMANNNS et al., 2012; KUILDER, 2012; BANDINI, et al., 2014; GRAÇA et al., 2014; VIVONI et al., 2014; CASADO et al., 2015; CASADO, et al., 2016; KIM et al., 2017).

A realização do levantamento batimétrico para integrar a um MDT pré-existente, proporcionando alta resolução tanto da superfície do terreno como das calhas dos rios, torna-se relevante ao ponto de se estudar a qualidade geométrica dos produtos envolvidos. A batimetria para geração de informações de profundidade nos

cursos d'água ocorrem por meio de medidores estáticos “Doppler”, que são aparelhos fixos, que medem a velocidade da água, discretizando-a em células de tamanho ajustável pelo operador (GAMARO, 2017). Segundo Mueller *et al.* (2013), as medições acústicas são realizadas com o equipamento *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP). Os ADCPs são utilizados há mais de 25 anos e são capazes de medir velocidades d'água e vazão em rios e canais com grandes profundidades (maior que 30 metros), assim como em pequenas profundidades (40cm).

O uso do ADCP para fins batimétricos relacionados com a pesquisa hidrológica tem sido aplicado com foco tanto em estimativa de sedimentos e volumes de reservatórios como para área da neocartografia iterativa aplicada a desastres por inundação (GAMARO *et al.*, 2013; MALDONADO *et al.*, 2015; COLLISCHONN e CLARKE, 2016).

## **5. Representação hidrodinâmica de desastres por inundação**

Diversos estudos foram levantados e sintetizados a fim de fazer os autores dialogarem entre si com o objetivo de reunir pesquisas que avaliaram a ocorrência de inundações, com determinado propósito e em suas respectivas bacias, necessitando a representação hidrodinâmica dos eventos de cheia.

As aplicações encontradas com uso do modelo hidrológico HEC-HMS e, principalmente, do modelo hidrodinâmico HEC-RAS (NASCIMENTO *et al.*, 2000; ALCOFORADO e CIRILO, 2001; CALÇADA, PORTELA e MATOS, 2003; KNEBL *et al.*, 2004; KOVACS, KISS e SZEKERES, 2006; GUL, HARMANCIOGLU e GUL, 2009; OLEYIBLO e LI, 2010; KOUTROULIS e TSANIS, 2010; SARHADI, SOLTANI e MODARRES, 2012; FRANÇA e RIBEIRO, 2013; HEIMHUBER, 2013; NETO *et al.*, 2015; NETO, BATISTA e COUTINHO, 2016) podem ser consideradas diversas, entretanto sempre enfatizando a apresentação de uma metodologia de mapeamento de inundação para fins de tomada de decisão pelos gestores municipais.

Por fim, a utilização do ambiente de realidade virtual pode ser considerado como a interação do mundo real com objetos virtuais. Um sistema de realidade virtual deve ter características como combinar o real com virtual, ser interativo em tempo real e estar representado tridimensional (AZUMA *et al.*, 2001). No contexto deste estudo, a realidade virtual pode ser definida como a sobreposição das simulações hidrodinâmicas geradas pelo modelo HEC-RAS no ambiente físico precisamente representado com o VANT, sendo mostrado ao usuário ao longo do tempo de pico e

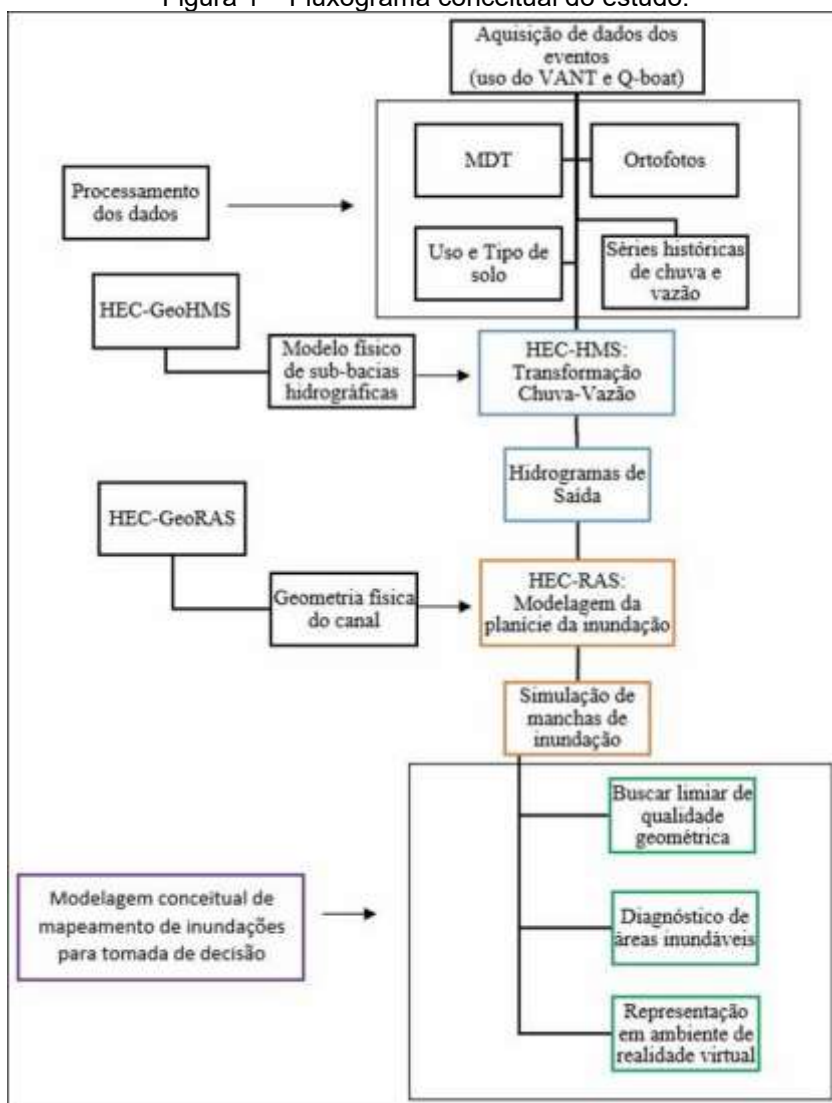
esvaziamento da mancha de inundação, havendo assim, interação entre os objetos reais e virtuais.

## **6. Análise do estado da arte**

A análise será executada, primeiramente, a partir de investigações preliminares, buscando obter dados dos eventos passados e realizar estudos e ensaios para subsidiar o monitoramento, análise e modelagem. Para conseguir estes dados históricos, deve-se reunir todas as informações existentes, formais e informais, que existem a respeito dos eventos extremos anteriores. Incluem dados formais, os hidrometeorológicos, e informais, sobre os eventos.

O uso de SIG em combinação com a modelagem é atualmente o estado da arte para o desenvolvimento de um modelo conceitual para mapeamento de inundações, sendo que a exibição de dados geoespaciais simplifica em grande parte a preparação e a interpretação demoradas dos dados do modelo matemático. A abordagem para o estudo deve ser realizada a partir da modelagem hidrológica e hidrodinâmica dos cursos d'água relevantes em combinação com uma análise detalhada da superfície do terreno nos locais de estudo, levando em conta a qualidade geométrica das geotecnologias utilizadas. A Figura 1 mostra um fluxograma conceitual da abordagem que é aplicada para a realização dos objetivos deste estudo.

Figura 1 – Fluxograma conceitual do estudo.

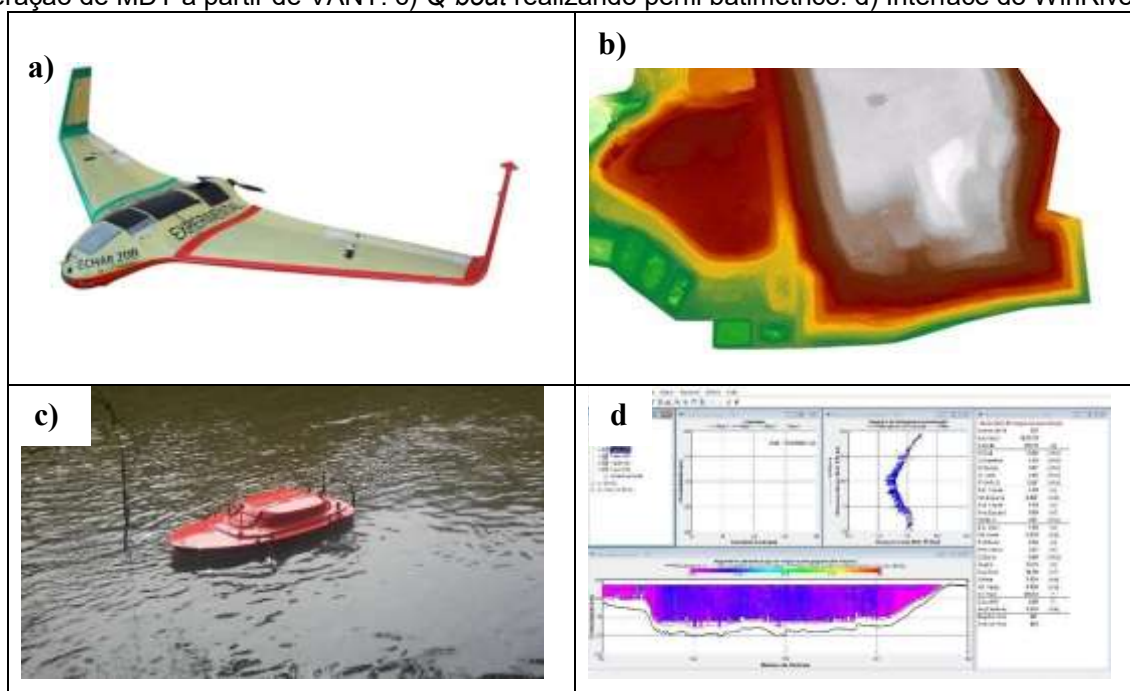


Fonte: Adaptado de Heimhuber (2013).

Conforme o fluxograma, neste estudo, o *ArcMap*, desenvolvido pela *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), e as extensões de software *HEC-GeoHMS* e *HEC-GeoRAS* serão utilizados para a preparação dos arquivos de entrada do modelo e a visualização dos resultados da modelagem. O HEC-HMS será aplicado para modelar o processo chuva-vazão. Deste modo, será construído o modelo físico de todas as bacias hidrográficas relevantes para o estudo com o uso de MDT com alta precisão por meio da tecnologia de VANT's. O laboratório de Geoprocessamento (Geolab) do campus FAED, de Florianópolis, da UDESC possui um VANT com duas câmeras (visível e infravermelho), denominado ECHAR 20B (Figura 2), que além de dar suporte para a modelagem matemática, poderá ser aplicado para análise de mapeamentos planialtimétricos nos locais onde serão elaboradas as zonas de risco de inundação.

Ainda, poderá ser realizado o levantamento da geometria física dos canais em alguns casos com o uso do equipamento *Q-boat* (Figura 2), do laboratório de hidrologia (Labhidro) do departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária no campus CAV, de Lages, da UDESC. Tal equipamento, desenvolvido pela empresa americana *Teledyne RD Instruments* é pioneiro no Brasil e trata-se de um barco controlado remotamente que possui acoplado a si um sensor ADCP (*Acoustic Doppler Current Profilers*) e um ecobatímetro para medição tanto de vazão como realização da batimetria do curso d'água.

Figura 2 – Tecnologias envolvidas na metodologia do estudo. a) VANT Echar 20b. b) Exemplo de geração de MDT a partir de VANT. c) *Q-boat* realizando perfil batimétrico. d) Interface do WinRiver 2.



No *software WinRiver II* será realizado o processamento dos perfis batimétricos, por meio de conexão via *bluetooth* e porta COM entre o *Q-boat* e o notebook. O MDT final a ser utilizado para modelagem deverá, por meio de interpolação dos dados, incluir a batimetria das seções transversais levantadas em campo com as cotas levantadas pelo VANT, buscando realizar a consistência dos dados altimétricos corrigindo os valores de altimetria da superfície da água pelo perfil de profundidade da calha do rio.

Em seguida, com relação a geometria espacial, esta será avaliada quanto ao limiar da qualidade geométrica alcançada tratando da base física das bacias e respectivos cursos d'água de estudo para a modelagem propriamente dita. Deste modo, a mesma ocorrerá junto ao *software HEC-GeoRAS*, preparando tais dados e

seguindo metodologias específicas para produção dos mesmos. A partir dos dados disponíveis, poderá iniciar-se um procedimento visando determinar os parâmetros de entrada do modelo HEC-RAS, que efetivamente irá simular as manchas de inundação e, em seguida, serão transferidos os resultados do HEC-RAS para o formato raiz no *ArcMap* para investigação dos objetivos deste estudo.

Por fim, na fase de pós-processamento, ocorrerá o desenvolvimento de um modelo conceitual de mapeamento de inundação levando-se em conta a avaliação do limiar da qualidade geométrica dos dados a serem levantados, a capacidade modelagem hidrodinâmica para diagnóstico da base de ocupação territorial nas áreas inundáveis e a aplicação da neocartografia iterativa em ambiente de realidade virtual.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Assim sendo, este ensaio teórico representa um esforço no sentido de analisar os eventos de cheia, buscando entender como as inundações ocorrem na cidade e contribuir com informações técnicas que orientem os órgãos gestores de estado a operacionalizarem ações mais eficientes e efetivas nas diversas etapas do Gerenciamento de Desastres Naturais.

O principal motivo para a realização desta pesquisa é prover os órgãos de estado responsáveis pela defesa civil de informações técnicas que promovam ações de mitigação, preparação, resposta e recuperação mais eficientes e eficazes, com objetivo de reduzir ou eliminar perdas de vidas humanas e de material relativos a eventos de inundações.

Portanto, a principal motivação da revisão de literatura realizada está na ausência de conhecimento da neocartografia aplicada para a gestão do território e também a compreensão dos mecanismos geradores destes desastres por inundação no estado de Santa Catarina. A expectativa, com o uso da neocartografia iterativa por meio de tecnologias envolvidas na geração de dados planialtimétricos (VANT) e batimétricos (*Q-boat*), será definir uma modelagem conceitual indicando importantes ferramentas no processo de tomada de decisão para a gestão do território.

## **ABSTRACT**

The present theoretical paper aims to investigate the mechanisms that generate urban floods and their hydrodynamic representation, based on the iterative neocartography in a virtual reality environment. A major motivation is the demand for knowledge of a conceptual model for flood mapping in accordance with ISO 19.152, which defines guidelines in the field of spatial planning, and then seeks to establish fundamentals from a three-dimensional perspective. For the execution of the objectives in the test, a very extensive literature review was developed considering aerial mapping activities with UAVs, bathymetry with the remotely controlled boat named Q-boat, hydrological modeling (HEC-HMS) and hydrodynamic modeling (HEC-RAS), and finally the application in a virtual reality environment. In conclusion, it is expected that the approach used is an important tool for an assessment, control and management of environmental disasters by floods, to be used by the decision makers.

**Keywords:** flood, UAV, hydronamic modelling, HEC-RAS.



## REFERÊNCIAS

ALCOFORADO, R. G.; CIRILO, J. A. Sistema de suporte à Decisão para análise, Previsão e Controle de Inundações. **Revista Brasileira dos Recursos Hídricos - RBRH**, v. 6, n. 4, p. 133-153. Out/Dez. 2001.

AZUMA, R., BAILLOT, Y., BEHRINGER, R., FEINER, S., JULIER, S., MACINTYRE, B. Recent Advances in Augmented Reality. **IEEE computer Graphics and Applications**, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001.

BANDINI, F., GARCIA, M., & BAUER-GOTTWEIN, P. Remote sensing from UAVs for hydrological monitoring. **Abstract from European Plant Phenotyping Workshop**, Copenhagen, Denmark, 2014.

CALÇADA, M.; PORTELA, M; MATOS, J. Análise de Cheias e Delimitação de Zonas Inundáveis em Timor-Leste: Abordagem por Modelação Geográfica. In: CONGRESSO DA ÁGUA, 7º, 2003, Lisboa. **Anais...** Lisboa: APRH, 2003.

CASADO, M. R.; GONZALEZ, R. B.; KRIECHBAUMER, T.; VEAL, A. Automated Identification of River Hydromorphological Features Using UAV High Resolution Aerial Imagery, **Sensors**, v. 15, p. 27969-27989, 2015.

CASADO, M. R.; GONZALEZ, R. B.; WRIGHT, R.; BELLAMY, P. Quantifying the Effect of Aerial Imagery Resolution in Automated Hydromorphological River Characterisation, **International Journal of Remote Sensing**, v. 8, p. 650, 2016.

COLLISCHONN, B.; CLARKE, R. T. Estimativa e incerteza de curvas cota-volume por meio de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira dos Recursos Hídricos - RBRH**, v. 21, n. 4, p. 719-727. Out/Dez. 2016.

CORDEIRO, M. T. A.; RAFAELI NETO, S. L. Análise do comportamento de sistemas urbanos por meio de componentes de sistemas hidrológicos. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 142-155, 2015.

D'OLEIRE-OLTMANN, S.; MARZOLFF, I.; PETER, K. D.; RIES, J. B. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Monitoring Soil Erosion in Morocco, **International Journal of Remote Sensing**, v. 4, p. 3390-3416, 2012.

FRANÇA, B. T.; RIBEIRO, C. B. M. Modelagem hidrológica e hidráulica para mapeamento de áreas de risco de inundações urbanas na bacia hidrográfica do rio

pomba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2013.

FREITAS, M. I. C. de. Da cartografia analógica à neocartografia: nossos mapas nunca mais serão os mesmo? **Revista do Departamento de Geografia - USP**. São Paulo, v. especial Cartogeo, p. 23-39, 2014.

GAMARO, P. E. M.; GOMES, B. N.; MALDONADO, L. H.; RODRIGUES, M. F. de C. Análise das Séries de Vazões Contínuas Obtidas em Tempo Real Através de Diferentes Técnicas com Aparelhos Acústicos Doppler Estáticos no Canal da Piracema da Itaipu Binacional: Canais quase Retangulares e Canais Trapezoidais. **Revista Brasileira dos Recursos Hídricos - RBRH**, v. 18, n. 1, p. 33-42. Jan/Mar. 2013.

GAMARO, P. E. M. III curso de Medidores Doppler de vazão. Apostila. Foz do Iguaçu: ANA, 2007.

GRAÇA, N.; MITISHITA, E.; GONÇALVES, J. Photogrammetric mapping using Unmanned Aerial Vehicle. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. Technical Commission I Symposium, Volume XL-1, Denver, Colorado, USA, 17 – 20 November 2014.

GUL, G.O; HARMANCIUGLU, N.; GUL, A. A combined hydrologic and hydraulic modeling approach for testing efficiency of structural flood control measures. **Natural Hazards**, v. 54, n. 2, p. 245–260, 2009.

HEIMHUBER, V. **GIS Based Flood Modeling as Part of an Integrated Development Strategy for Informal Settlements**. 2013. 129 f. Thesis (Master of Science) – Technische Universität München, Germany, 2013.

HERVOUET, A.; DUNFORD, R.; PIEGAY, H.; BELLETI, B.; TREMELO, M.L. Analysis of post-flood recruitment patterns in braided channel rivers at multiple scales based on an image series collected by unmanned aerial vehicles, ultra-light aerial vehicles and satellites. **International Journal of Remote Sensing**, v. 48, p. 50–73, 2011.

JAE-IN KIM, TAEJUNG KIM, DAESIK SHIN & SANGHEE KIM. Fast and robust geometric correction for mosaicking UAV images with narrow overlaps, **International Journal of Remote Sensing**. 2017.

KNEBL, M. R.; YANGA, Z. L.; HUTCHISON, K.; MAIDMENT, D. R. Regional scale flood modeling using NEXRAD rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: a case study for

the San Antonio River Basin Summer 2002 storm event. **Journal of Environmental Management**, v. 75, p. 325-336, 2004.

KOUTROULIS, A.G.; TSANIS, I.K. A method for estimating flash flood peak discharge in a poorly gauged basin: case study for the 13–14 January 1994 flood, Giofiros basin, Crete, Greece. **Journal of Hydrology**, v. 385, p. 150–164, 2010.

KOVACS, S.; KISS, A.; SZEKERES, J. Experiences in application of HEC-RAS model under circumstances of flood waves. In: SCHANZE, J.; ZEMAN, E.; MARSALEK, J. (eds.). **Flood Risk Management - Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures**. Springer, 2006. p. 47–58.

KRZYSZTOFOWICZ, R.; DAVIS, D. A methodology for evaluation of flood forecast-response systems, 1, analyses and concepts. **Water Resources Research**, v.19, p.1423-29, 1983a.

\_\_\_\_\_. A methodology for evaluation of flood forecast-response systems, 3, case studies. **Water Resources Research**, v.19, p.1441-4, 1983c.

\_\_\_\_\_. A methodology for evaluation of flood forecast-response systems, 2, theory. **Water Resources Research**, v.19, p.1431-40, 1983b.

KUILDER, E. T. **Mapping River Floodplain Vegetation Structure with a consistent mapping scale by aerial images and LiDAR data in object-based random forest**. 2012. 107 f. Thesis (Master of Science) – Centre for Geo-information Science and Remote Sensing, Wageningen University and Research, The Netherlands, 2012.

MAHESHWARI, S. Gis from a disaster management perspective: an overview. **Conference on GIS and Applications of Remote Sensing to Disaster Management**, Maryland, 1997.

MALDONADO, L. H.; GAMARO, P. E. M.; SANTOS, J. M. dos. Avaliação das modificações hidrológicas ocorridas na Estação de Porto São José, situada em um trecho do rio Paraná regulado por Usinas Hidrelétricas. **Revista Brasileira dos Recursos Hídricos - RBRH**, v. 20, n. 3, p. 752-762. Jul/Set. 2015.

MUELLER, D. S.; WAGNER, C. R.; REHMEL, M. S.; OBERG, K. A.; RAINVILLE, F. Measuring discharge with acoustic Doppler current profilers from a moving boat. Washington: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, Book 3, chap. A22, v. 2.0, December 2013.

NASCIMENTO, N.O.; BARBOSA, R.L.A; COSTA, O.V; BAPTISTA, M.B. Relações entre o planejamento urbano e o planejamento dos sistemas de drenagem: Estudo de caso do Ribeirão Areias em Betim, MG. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 20., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2000.

NETO, A. R.; BATISTA, L. F. D. R.; COUTINHO, R. Q. Methodologies for generation of hazard indicator maps and flood prone areas: municipality of Ipojuca/PE. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH**, v.21, n.2, p. 377-390, 2016.

NETO, A. R.; CIRILO, J. A.; DANTAS, C. E. de O.; SILVA, E. R. Caracterização da formação de cheias na bacia do rio Una em Pernambuco: simulação hidrológica-hidrodinâmica. **Revista Brasileira de Recursos hídricos - RBRH**, v. 20, p. 394-403, abr./jun. 2015.

OLEYIBLO, J.O.; LI, Z. Application of HEC-HMS for flood forecasting in Misai and Wan'na catchments in China. **Water Science and Engineering**, v.3, p.14-22, 2010.

RAFAELI NETO, S. L. **Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para gestão de desastres por inundações**. 2000. 234 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

RAU, J. Y.; JHAN, J. P.; LO C. F.; LIN, Y. S. Landslide mapping using imagery acquired by a fixed-wing UAV. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. Workshop, Volume XXXVIII-1/C22, Zurich, Switzerland, 14-16 September 2011.

S2ID – SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES. **Biblioteca virtual**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017. Documento Digital.

SANYAL, J.; CARBONNEAU, P.; DENSMORE, A. L. Hydraulic routing of extreme floods in large ungauged river and the estimation of associated uncertainties: A case study of the Damodar River, India. **Natural Hazards**, v. 66, p. 1153–1177, 2013.

SARHADI, A.; SOLTANI, S.; MODARRES, R. Probabilistic flood inundation mapping of ungauged rivers: Linking GIS techniques and frequency analysis. **Journal of Hydrology**, n. 458-459, p. 68–86, 2012.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **Revista de Gestão de Água na América Latina - REGA**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 59-73, 2004.

TURNER, A. Neocartography and the Social Web In: INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE (ICC): From pole to pole, 26th, 2013. Dresden. Proceedings... Dresden: ICA, 2013. p. 53

USACE - U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. **HEC-RAS River Analysis System: Applications Guide**, version 5.0. Davis: US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center, 2016a. 519p.

USACE - U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. **HEC-RAS River Analysis System: User's Manual**, version 5.0. Davis: US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center, 2016b. 960p.

USACE - U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. **Hydrologic Modeling System HEC-HMS: Technical Reference Manual**. Davis: US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center, 2000. 148p.

VIVONI, E. R.; RANGO, A.; ANDERSON, C. A.; PIERINI, N. A.; SCHREINER-MCGRAW, A. P.; SARIPALLI, S.; LALIBERTE, A. S. Ecohydrology with unmanned aerial vehicles. **Ecosphere**. v. 5, n.10, p.130, 2014.

WORLD DISASTERS REPORT: *Focus on Urban Risk*, 978-92-9139-156-1, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Geneva, 2010.

YANG, J.; TOWNSEND, R.D.; DANESHFAR, B. Applying the HEC-RAS model and GIS techniques in river network floodplain delineation. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 33, n. 1, p. 19-28, 2006.