



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS  
CURSO DE ENGENHARIA HÍDRICA



**Fernanda Jóver Argoud**

**POTENCIAL USO DE PLATAFORMAS ONLINE DE  
COMPARTILHAMENTO DE VÍDEOS PARA A OBTENÇÃO  
DE DADOS HIDROLÓGICOS**

Porto Alegre

2019

**FERNANDA JÓVER ARGOUD**

**POTENCIAL USO DE PLATAFORMAS ONLINE DE  
COMPARTILHAMENTO DE VÍDEOS PARA A OBTENÇÃO  
DE DADOS HIDROLÓGICOS.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO APRESENTADO  
AO INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO  
GRANDE DO SUL COMO PARTE DOS  
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO  
DE ENGENHEIRA HÍDRICA.

**Orientador: Prof. Dr. Fernando Mainardi Fan**

**Co-orientador: Dr. Arthur da Fontoura Tschiedel**

Porto Alegre

2019

### CIP - Catalogação na Publicação

Argoud, Fernanda Jóver  
Potencial Uso de Plataformas Online de  
Compartilhamento de Vídeos para a Obtenção de Dados  
Hidrológicos / Fernanda Jóver Argoud. -- 2019.  
73 f.  
Orientador: Fernando Mainardi Fan.

Coorientador: Arthur da Fontoura Tschiedel.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto  
de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia Hídrica,  
Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Mancha de inundação. 2. Plataformas Online de  
Vídeos. 3. Agisoft Photoscan. 4. Youtube. 5. Drone. I.  
Mainardi Fan, Fernando, orient. II. da Fontoura  
Tschiedel, Arthur, coorient. III. Título.

*Folha de Aprovação*

FERNANDA JÓVER ARGOUD

POTENCIAL USO DE PLATAFORMAS ONLINE DE COMPARTILHAMENTO DE  
VÍDEOS PARA A OBTENÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO APRESENTADO  
AO INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO  
GRANDE DO SUL COMO PARTE DOS  
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO  
DE ENGENHEIRA HÍDRICA.

Aprovado em: Porto Alegre, 05 de Julho de 2019.

---

Prof. Dr. Arthur da Fontoura Tschiedel – IPH/UFRGS

Co-Orientador

---

Prof. Dr. Alfonso Risso – IPH/UFRGS

Examinador

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Katiucia Nascimento Adam – FEEVALE

Examinadora

*Dedico este trabalho ao meu maior exemplo em vida,  
minha mãe.*

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho nunca teria se tornado possível, sem a ajuda de todos àqueles que se dispuseram prontamente a me auxiliar na construção e lapidação de minha jornada acadêmica, proporcionando concomitantemente meu crescimento pessoal. Por isto, os meus mais sinceros agradecimentos se dirigem:

Primeiramente à Deus, por nunca ter me destinado um fardo maior do que eu possa carregar.

À minha mãe, Orfila, por nunca medir esforços para tornar meus sonhos possíveis e sempre tentar minimizar os obstáculos que eu venha a enfrentar. E ao meu companheiro, Lucas, por tornar minha vida mais alegre e nunca ter me deixado desistir diante dos desafios confrontados.

À minha família, principalmente meus irmãos, que sempre esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis por que passei, nunca deixando me faltar suporte e conselhos.

À todas minhas as amigadas, principalmente àquelas que tive o imenso prazer de consolidar durante a minha graduação, que sempre me ergueram as mãos, proporcionando com que meus passos por esta etapa se tornassem mais leves.

Ao meu orientador e ao meu co-orientador, por sempre acreditarem no propósito deste estudo, além de me auxiliarem em sua construção, com seus conhecimentos e persistências.

E por fim, aos professores pelos quais tive o privilégio de conhecer, por todas instruções e oportunidades dispostas. Enfatizo os professores Fernando e Alfonso, por conseguirem estreitar as relações mestre-estudante, priorizando não só os ensinamentos, mas principalmente com o bem maior do aluno.

*“Por vezes, sentimos que aquilo que fazemos não é,  
senão, uma gota de água no mar.  
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”*

Madre Teresa de Cálcuta

## RESUMO

O presente estudo propõe uma metodologia para a obtenção de dados hidrológicos, como manchas de inundação, a partir do uso de vídeos hospedados em plataformas online de compartilhamento. A motivação deste trabalho constituiu-se em avaliar uma fonte alternativa para a aquisição dessas manchas, que são de alta relevância em diversos aspectos da hidrologia. Entretanto sua delimitação é dificultosa, por depender de dados prévios, e por diversas vezes custosa. Primeiramente foram selecionados quatro vídeos, que retratassem as extensões de inundações, das plataformas Youtube e Dailymotion de locais, equipamentos e modos de filmagens distintos. Na segunda etapa do estudo, os vídeos foram transformados em frames de fotos sequenciais e, através do software Agisoft Photoscan, foram construídos modelos bidimensionais pré-georreferenciados, a partir de determinados pontos de controle, dos locais analisados. Após, foi feito o pós-processamento nesses modelos, visando a melhora do erro de georreferenciamento, conseguiu-se diminuí-lo em torno de 50%. Finalizando a metodologia, as áreas inundadas foram classificadas, obtendo-se as manchas de inundação, além de suas extensões, das respectivas inundações filmadas. Tanto o pós-processamento quanto a classificação foram realizadas por meio do software ArcGIS. Todavia, constatou-se a existência de limitações durante a aplicação do método, como inconsistência nas extremidades dos modelos visto a falta de sobreposição de imagens ou então mudanças abruptas durante a filmagem. Identificou-se também maior relevância na filmagem da extensão da mancha de inundação que na qualidade do vídeo. Contudo, apesar de todas as limitações apresentadas, os resultados da metodologia proposta apresentaram manchas de inundações passíveis a serem identificadas. Em vista disso, concluiu-se que as plataformas online de compartilhamento de vídeos podem servir como fontes de dados hidrológicos, desde que respeitadas suas limitações.

**Palavras-chave:** Drone; Agisoft Photoscan; Mancha de Inundação; Plataformas de compartilhamento de vídeos; Youtube.

## ABSTRACT

This work proposes a methodology for obtaining hydrological data, such as flood zones, using videos hosted on online sharing platforms. The motivation was to evaluate an alternative source for the acquisition of these zones, which are relevant for several aspects of hydrology. However, its delimitation is difficult, since it depends on previous data, and is often costly. Firstly, four videos capturing the extensions of floods were selected from Youtube and Dailymotion platforms spanning different locations, equipment and shooting modes. In the second part of the study, the videos were converted into sequential photo frames and, using the Agisoft Photoscan software, two-dimensional pre-georeferenced models were constructed for the sites of interest, from certain control points. Then, the post-processing was applied to these models, aiming to improve the georeferencing error, making it possible to reduce this error by fifty percent. Completing the methodology, the flooded areas were classified, obtaining the flood zones and their extensions from the respective floods recorded. Both post-processing and classification were performed using the ArcGIS software. However, limitations were observed during the application of the method, such as inconsistency at the extremities of the models, due to the lack of overlapping images or abrupt changes during videomaking. It was also identified a greater relevance of recording the extension of the flood zone than of the video quality. However, despite all the limitations, the results of the proposed methodology presented flood zones that could be identified. Therefore, the conclusion is that online video sharing platforms can serve as hydrological data sources, provided their limitations are taken into account.

**Keywords:** Drone; Agisoft Photoscan; Flood Zone; Online Vídeo Platform; Youtube.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustração de diferenciação de Enchente e Inundação.....	17
Figura 2. Fluxograma resumo da metodologia do trabalho.....	29
Figura 3. Frame de fotos extraídas do vídeo filmado do interior de um avião que sobrevoava a extensão da inundação na região Metropolitana de Porto Alegre em 11 de Outubro de 2015.....	31
Figura 4. Localização da inundação na Região Metropolitana de Porto Alegre onde o avião sobrevoou. ....	32
Figura 5. Frame de fotos extraídas do vídeo filmado de um drone que sobrevoava a extensão da inundação no Condado de Wharton no dia 29 de Agosto de 2017. ....	35
Figura 6. Localização da filmagem realizada pelo drone.....	36
Figura 7. Frame de fotos extraídas do vídeo filmado de um drone que sobrevoava a extensão da inundação no município de Kapalong no dia 22 de Dezembro de 2017.....	38
Figura 8. Localização do sobrevoou visualizado através da filmagem. ....	39
Figura 9. Frame de fotos extraídas do vídeo filmado de um VANT que sobrevoava a extensão da inundação no município de Penrith no dia 13 de Outubro de 2018. ....	41
Figura 10. Localização da filmagem aérea do drone em Penrith. ....	42
Figura 11. Comparativo visual do local com o modelo bidimensional gerado a partir da filmagem (publicada em 20/10/2015) da inundação na região metropolitana de Porto Alegre gerado pelo software Agisoft PhotoScan. ....	47
Figura 12. Modelo bidimensional gerado a partir da filmagem (publicada em 20/10/2015) da inundação na região metropolitana de Porto Alegre previamente georreferenciado com os pontos de controle escolhidos. ....	48
Figura 13. Comparação do modelo bidimensional gerado a partir da filmagem (publicada em 20/10/2015) da inundação na região metropolitana de Porto Alegre antes e após o georreferenciamento realizado no software ArcGIS. ....	49
Figura 14. Mancha de inundação isolada a partir do modelo bidimensional construído através do vídeo (publicado em 20/10/2015) da região metropolitana de Porto Alegre. ....	50
Figura 15. Comparativo visual do local com o modelo bidimensional gerada a partir da filmagem (publicada em 08/09/2017) da inundação no Condado de Wharton gerado pelo software Agisoft PhotoScan. ....	51

Figura 16. Modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (publicado em 08/09/2017) da inundação no Condado de Wharton previamente georreferenciado com os pontos de controle escolhidos. ....	52
Figura 17. Comparação do modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (publicado em 08/09/2017) da inundação na cidade de Wharton antes e após o georreferenciamento realizado no software ArcGIS. ....	53
Figura 18. Mancha de inundação isolada a partir do modelo bidimensional construído através do vídeo (publicado em 08/09/2017) da inundação ocorrida da cidade de Wharton. ....	54
Figura 19. Comparativo visual do local com o modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (filmado em 23/12/2017) da inundação na cidade de Kapalong gerado pelo software Agisoft PhotoScan. ....	55
Figura 20. Modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (filmado em 23/12/2017) da inundação na cidade de Kapalong previamente georreferenciado com os pontos de controle escolhidos. ....	56
Figura 21. Comparação do modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (filmado em 23/12/2017) da inundação na cidade de Kapalong antes e após o georreferenciamento realizado no software ArcGIS. ....	57
Figura 22. Mancha de inundação isolada gerada a partir do modelo bidimensional construído através do vídeo (filmado em 23/12/2017) da inundação ocorrida na cidade de Kapalong. ....	58
Figura 23. Comparativo visual do local com o modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (filmado em 14/10/2018) da inundação na cidade de Penrith gerado pelo software Agisoft PhotoScan. ....	59
Figura 24. Modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (filmado em 14/10/2018) da inundação na cidade de Penrith previamente georreferenciado com os pontos de controle escolhidos. ....	60
Figura 25. Comparação do modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (filmado em 14/10/2018) da inundação na cidade de Penrith antes e após o georreferenciamento realizado no software ArcGIS. ....	61
Figura 26. Mancha de inundação isolada a partir do modelo bidimensional construído através do vídeo (filmado em 14/10/2018) da inundação ocorrida da cidade de Penrith. ....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Consumidores globais de vídeos da internet. (2016-2021) .....	22
Tabela 2. Coordenadas dos pontos de controle utilizados para o georreferenciamento prévio do modelo bidimensional da inundação na região metropolitana de Porto Alegre no software Agisoft Photoscan.....	48
Tabela 3. Coordenadas dos pontos de controle utilizados para o georreferenciamento prévio do modelo bidimensional da inundação no Condado de Wharton no software Agisoft Photoscan.....	52
Tabela 4. Coordenadas dos pontos de controle utilizados para o georreferenciamento prévio do modelo bidimensional da inundação na cidade de Kapalong no software Agisoft Photoscan.....	56
Tabela 5. Coordenadas dos pontos de controle utilizados para o georreferenciamento prévio do modelo bidimensional da inundação na cidade de Penrith no software Agisoft Photoscan.....	61

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS DO ESTUDO .....</b>	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
3.1 IMPORTÂNCIA DOS DADOS HIDROLÓGICOS E DO SEU MONITORAMENTO .....	16
3.2 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DAS INUNDAÇÕES.....	17
3.3 MONITORAMENTO E MAPEAMENTO DE INUNDAÇÕES .....	19
3.4 PLATAFORMAS DE COMPARTILHAMENTO DE VÍDEOS .....	21
3.5 SOFTWARE AGISOFT PHOTOSCAN.....	23
3.5.1 O Algoritmo SIFT .....	26
3.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>
4.1 A SELEÇÃO DOS VÍDEOS .....	30
4.1.1 Inundação na Região Metropolitana da cidade de Porto Alegre – Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (11/10/2015) .....	31
4.1.2 Inundação no Condado de Wharton – Estado do Texas, Estados Unidos da América (29/08/2017).....	34
4.1.3 Inundação na cidade de Kapalong, Província de Davo del Norte, Região de Mindanao, Filipinas (22/12/2017) .....	37
4.1.4 Inundação na cidade de Penrith, Distrito de Cumbria, Inglaterra, Reino Unido (13/10/2018).....	40
4.2 PROCESSAMENTO DO FRAME DE IMAGENS E CONSTRUÇÃO DO MODELO TRIDIMENSIONAL.....	44
4.3 GEORREFERENCIAMENTO DOS MODELOS TRIDIMENSIONAIS DE MANCHAS DE INUNDAÇÃO .....	44
4.4 OBTENÇÃO DAS MANCHAS DE INUNDAÇÃO.....	45
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>46</b>
5.1 MANCHA DE INUNDAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE .....	46
5.2 MANCHA DE INUNDAÇÃO NO CONDADO DE WHARTON .....	50
5.3 MANCHA DE INUNDAÇÃO NA CIDADE DE KAPALONG .....	54
5.4 MANCHA DE INUNDAÇÃO NA CIDADE DE PENRITH.....	59
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>63</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS .....</b>	<b>65</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A hidrologia é uma ciência essencial para a humanidade, pois estuda e compreende a dinâmica do ciclo hidrológico a partir do levantamento e do monitoramento dos dados associados como precipitação, vazão e variação de níveis de corpos hídricos, volume de chuvas, evaporação, qualidade d'água etc. Dados estes importantes nos setores econômico, na geração de energia, embasamento de pesquisas, políticas-sociais, obras hidráulicas, análise de desastres de causas hidrológicas, disponibilidade hídrica e planejamento ocupacional.

Todavia, os desastres hidrológicos causados pelo extravasamento da calha principal de um curso d'água, como inundações (COBRADE, 2012), estão associados a enormes prejuízos econômicos e perdas de vida humanas imensuráveis, devendo, portanto, serem impreterivelmente estudados e monitorados. Acrescenta-se ainda que a crescente urbanização, as mudanças do uso do solo e a ocupação desordenada em áreas ribeirinhas resulta no aumento da frequência de ocorrência desses eventos e das consequências envolvidas, intensificados ainda devido a impermeabilidade e adensamento do solo e a alteração na cobertura original (KOBAYAMA *et al*, 2006).

Neste contexto, medidas para a mitigação de inundações, a fim de minimizar os impactos associados, devem ser tomadas. Porém, as obras de contenção de cheias em um geral são extremamente custosas. Em contrapartida, medidas de caráter preventivo são geralmente mais viáveis economicamente, como regulamentação do uso do solo e zoneamento de áreas suscetíveis a esses desastres, e também são adotadas com a mesma finalidade (TUCCI, 2002). Contudo, para a adoção das medidas preventivas, é necessária a identificação e o monitoramento dos locais que são atingidos por inundações, tornando todas as informações hidrológicas envolvidas nesse processo de suma importância.

Atualmente diversas metodologias são empregadas para esse processo. Tradicionalmente, podem ser realizados mapeamentos *in-situ* (Paixão *et al*, 2018), ou ainda, avaliações relativas a níveis e marcos históricos dependentes da sabedoria popular local (Vanelli *et al*, 2018). A segunda é muito utilizada em planos municipais, contudo ambas dispõem de alto custo financeiro e temporal. Outro método para obtenção de cotas de inundação diz respeito à aplicação de modelagens hidrológicas (Vanelli *et al*, 2017; Pontes *et*

*al*, 2017; Lopes *et al*, 2018) ou por modelos descritores de terreno (Speckhann G. A. *et al*, 2017). No entanto, a aplicabilidade dessa metodologia é limitada, pois é preciso a calibração desses modelos e para isso, faz-se necessário que o levantamento de dados de alguma mancha já tenha sido feito anteriormente.

Outra alternativa metodológica tipicamente utilizada para determinação de manchas de inundação ocorre por meio de ferramentas de Sensoriamento Remoto, como as utilizadas por Muller *et al* (1993) e Meters (2002), ou ainda associadas a técnicas de geoprocessamento propostas por Moni (2006), Vianna (2000). Garrafiel (2018) também aborda essa ferramenta, porém de modo mais específico a partir das imagens do satélite Sentinel-1. Feng Q. *et al* (2015) afirmam que o uso de sensores remotos é ótimo para esse fim, quase que simultaneamente ao evento e ainda acrescenta que há a limitação devido a nebulosidade, geralmente presente, sobre a área inundada.

Com o avanço tecnológico, os mais modernos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) também estão sendo inseridos para o levantamento de variáveis hidrológicas (TAURO *et al.*, 2016; HOFFMANN *et al.*, 2016 e BANDINI *et al.*, 2018) e até mesmo para o mapeamento de manchas de inundação a partir de vídeos do Youtube (TSCHIEDEL, 2018). Dessa forma, apesar dessa utilização viabilizar o registro em locais de acesso dificultado e sobressair-se no fornecimento de dados hidrológicos, ainda são encontrados contratempos relativos à duração de suas baterias e ao encontro de locais adequados para a sua decolagem e pouso. Acrescenta-se também à essa delimitação, o uso de filmagens, como proposto por Tschiedel A. *et al.* (2018) que, utilizando um vídeo de sobrevoo de um helicóptero dos bombeiros, obteve resultados satisfatórios.

Isto posto, é notória a necessidade do meio científico em procurar novas possibilidades para a obtenção de informações hidrológicas, especialmente no que diz respeito à prevenção de eventos extremos como as inundações. Portanto, confluindo juntamente com o crescente acesso à internet, o ascendente mercado de venda de VANTs e à popularidade da hospedagem de vídeos em portais de compartilhamento online instantâneo, que este trabalho propõe aprofundar o estudo da utilização destas plataformas livres de compartilhamento de vídeos como uma fonte alternativa para a obtenção de dados de relevância hidrológica, como manchas de inundação georreferenciadas.

## **2 OBJETIVOS DO ESTUDO**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho tem como objetivo maior analisar a possibilidade da utilização de plataformas online de compartilhamento de vídeos como fontes de dados hidrológicos, tais como uma mancha de inundação, e compreender as suas limitações.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos são responder as seguintes perguntas:

- O procedimento testado permite obter dados de manchas de inundação das áreas analisadas?
- Quais foram as limitações dos resultados obtidos?
- Quais foram as lacunas do procedimento testado?

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão bibliográfica apresenta os principais conceitos teóricos usados na presente pesquisa. Inicialmente serão abordadas as importâncias do monitoramento e dos dados hidrológicos, do estudo das inundações e seu respectivo mapeamento. Posteriormente são caracterizadas as plataformas online de compartilhamento de vídeos e o funcionamento do Software Agisoft Photoscan que foi utilizado.

#### 3.1 IMPORTÂNCIA DOS DADOS HIDROLÓGICOS E DO SEU MONITORAMENTO

Dados hidrológicos são todas as variáveis referentes a dinâmica dos recursos hídricos, como o volume de precipitação, a evaporação da água, o nível e a vazão dos corpos d'água, medição de sedimentos e a qualidade das águas. Esses dados, tradicionalmente medidos na superfície terrestre, compõem toda a ciência denominada hidrologia. O levantamento dessas informações hidrológicas e, conseqüentemente, o monitoramento de suas variações são de suma importância, pois, são utilizadas com diversas finalidades como em calibrações de modelos hidráulicos e hidrodinâmicos; obras hidráulicas; drenagem pluvial; sistemas de alerta e zoneamento de áreas de inundação; monitoramento de eventos críticos como cheias ou estiagens, planejamento urbano e social. Afetando e entrelaçando os setores econômicos, acadêmicos, políticos e sociais.

No Brasil, dois exemplos de órgãos federais responsáveis por planejar, coletar, armazenar e monitorar esses dados, a Agência Nacional de Água (ANA) e o Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). A ANA, através do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), opera 4641 estações ativas de medição de informações hidrológicas das 14822 existentes em todo o país<sup>1</sup> (PORTAL HIDROWEB, 2018). Já o CEMADEN recentemente adquiriu 115 estações hidrológicas e mais 186 plataformas de coleta de dados hidrológicos para a composição da sua rede de monitoramento, porém estas estações ainda estão sendo instaladas (BRASIL, 2018).

---

<sup>1</sup> Os números se referem ao inventário de estações da ANA em 03/04/2018, podendo se alterar com certa frequência, em função da incorporação de novas estações ou de sua extinção.

Portanto enfatiza-se a importância do levantamento e do monitoramento desses dados hidrológicos no diz respeito, por exemplo, à prevenção de eventos extremos, como as inundações cuja relevância se abordará no próximo tópico. Também se acrescenta que durante esses acontecimentos, as agências incumbidas pelo registro das informações ocupam-se com o salvamento da população não priorizando esse procedimento. E nesse âmbito, ainda se destaca a relevância de fontes alternativas para obtenção desses dados, como abordado neste trabalho.

### 3.2 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DAS INUNDAÇÕES

Conforme a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE, 2012), uma inundação refere-se ao evento no qual áreas adjacentes a um curso hídrico acabam inundando devido ao aumento do nível d'água e, conseqüentemente, seu extravasamento. Isto ocorre geralmente em épocas de cheias onde há precipitações intensas em áreas planas, normalmente não submersas.

Segundo o Glossário da Defesa Civil (CASTRO, 1998), esses eventos críticos hidrológicos são classificados de acordo com a sua magnitude e o seu progresso evolutivo, diferindo enchente de inundação conforme o leito que o volume do rio ultrapassou (Figura 1). Quando o extravasamento excede o nível da calha menor, denomina-se enchente, e quando supera o nível da calha maior, inundação (CPRM, 2004). Mesmo que ambos causem altos danos sociais e materiais, devido a maior extensão territorial atingida pelas inundações, conseqüentemente, seus danos acabam sendo mais severos.



Figura 1. Ilustração de diferenciação de Enchente e Inundação.

Fonte: CEMADEN, 2017.

Kobiyama *et al.* (2006) relatam que as inundações vêm aumentando a sua ocorrência e os prejuízos por elas causados podendo estar associado ao aumento do grau de ocupações dessas áreas. O evento acontece devido intensificação da urbanização e o adensamento populacional desordenado em locais ribeirinhos. Dentre as causas para a ocorrência destes desastres em perímetros urbanos sobressaem-se o desmatamento de larga escala, a centralização de construções e conseqüentemente o aumento da impermeabilização do terreno, a poluição e retenção do calor atmosférico além do estabelecimento de populações em locais de risco. Já em áreas rurais, o adensamento do solo, a erosão nos leitos de rios além do desmatamento e da redução da vegetação original, ressaem-se.

Esses desastres hidrológicos já provocaram grandes impactos sociais e econômicos na humanidade, perdurando e crescendo a ocorrência em escala global até os períodos atuais, onde, de acordo com as estatísticas de CRED (2018) entre o período de 2007 e 2016, foram registrados 162 desastres recorrentes de inundações no mundo. Só no ano de 2017, conforme a mesma pesquisa, houve 126 registros desses eventos e 55 milhões de pessoas impactadas, causando 3331 mortes e perdas econômicas estimadas em 20,3 bilhões de dólares. Já em escala federal, o Brasil se encontra entre os 10 países mais impactados no mundo e, a contar da década de 1970 até o ano de 2016, mais de 19 milhões de brasileiros foram afetados (GUHA-SAPIR; BELOW; HOYOIS, 2015).

Nesta linha, a prevenção e mitigação desses acontecimentos são indiscutivelmente necessários, a fim de evitar ou minimizar as conseqüências relacionadas. Conforme Kobiyama *et al.* (2006) e Tucci (2002), as medidas básicas para o controle de inundações são divididas entre estruturais e não-estruturais. As primeiras demandam custos construtivos altos envolvendo obras de contenção de cheias como barragens, diques, reservatórios, entre outras. Já as medidas não-estruturais são de caráter preventivo, geralmente mais viáveis economicamente, e agrupando-se em: regulamentação do uso da terra, previsão e Sistemas de Alerta Hidrológico. O seguro e a proteção individual, também são medidas não-estruturais, porém, complementares, necessárias a fim de para minimizar impactos econômicos da população quando atingida.

A combinação dessas medidas permite reduzir os impactos das cheias e melhorar o planejamento populacional das áreas afetadas. E, nesse cenário, o estudo das inundações e fundamentalmente a utilização de dados provenientes do mapeamento das inundações mostram-se essenciais, tanto para o estabelecimento de medidas não estruturais, no âmbito do

planejamento ocupacional, quanto para a implantação de medidas estruturais. Desse modo, o monitoramento e mapeamento de inundações são retratados a seguir.

### 3.3 MONITORAMENTO E MAPEAMENTO DE INUNDAÇÕES

Conforme apresentado, o monitoramento e mapeamento de inundações são uma das ferramentas mais importantes no âmbito da prevenção de desastres hidrológicos e os dados derivados desse processo são utilizados em várias medidas no controle de cheias.

Os mapas gerados por esse processo configuram as áreas mais afetadas na ocorrência desses eventos, que se denominam manchas de inundação. Segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) possibilitam a determinação das áreas de risco, uma vez que delimitadas em campo após uma inundação e/ou previstas através de modelos hidráulicos, relacionadas às vazões e cotas do curso d'água (CPRM, 2018).

Atualmente o levantamento de dados para a delimitação dessas manchas são realizados de diversas metodologias, como as tradicionalmente realizadas a partir do mapeamento *in-situ*, mostrado em Paixão *et al.* (2018), que identificaram e mapearam a mancha de inundação com GPS no município de Rolante/RS; e de modo empírico, sugerido por Tucci (2002) como no Plano Municipal de Saneamento Básico de Rio Grande/RS (SMMA/Rio Grande, 2013). Todavia são apresentadas limitações temporais e espaciais como uma alta demanda de custo e tempo; a mobilização rápida, logo após o evento, da equipe à campo; a dependência da memória e colaboração das viventes locais para auxiliar na identificação dos níveis e marcos que a inundação alcançou; além da dificuldade ou inviabilidade de acesso à alguns locais por questões de segurança e/ou geográficas.

Outro procedimento comumente aplicado são as modelagens hidráulicas e/ou hidrodinâmicas a partir do uso de softwares como HEC-RAS e HEC-HMS, respectivamente, como propostos pelos autores Vanelli *et al.* (2017), Pontes *et al.*, (2017) e Lopes *et al.* (2018). Ou até mesmo através de modelos de descritores de terreno, como utilizados por Goerl *et al.* (2017). Entretanto, é preciso dispor-se essencialmente que o levantamento de dados de alguma mancha já tenha sido realizado para permitir a calibração dos modelos, o que restringe a aplicabilidade desses métodos. Para sanar o problema da calibração, ainda é possível a utilização de informações de estações hidrológicas, como realizados por Andrade *et al.* (2013) que utilizaram as informações históricas dessas estações para calibrar e validar um outro

modelo com outro propósito. No entanto também limita-se pela existência de uma estação fluviométrica próxima ao local de análise e, ainda, que haja uma curva chave consolidada, além da recorrente falta de registro de dados, em dados períodos, devido às uma falha na medição do observador ou no equipamento, por exemplo, ou então pois depende-se de um extenso registro de dados para isso, muitas vezes inexistentes ou com falhas temporais.

Diante dessas dificuldades, os métodos baseados em sensores remotos tornam-se fortes alternativas para a mensuração dessas variáveis hidrológicas, especialmente em áreas de pouco ou nulo monitoramento (JENSEN, 2009). Os autores Muller *et al.* (1993) e Meters (2002) argumentam sobre a análise de sistemas fluviais e delimitação de áreas inundadas por observação de resultantes do sensoriamento remoto. Associa-se também essa metodologia a técnicas de geoprocessamento, como o uso de ferramentas SIG, abordados por Silva (2006), Vianna (2000), por exemplo, ou ainda Garrafiel (2018). A última autora citada faz a utilização específica do satélite Sentinel-1 avaliando o potencial qualitativo de suas imagens para a delimitação de áreas submersas após eventos extremos de precipitação., porém a autora não encontrou resultados satisfatórios. Embora Feng Q. *et al.* (2015) apud Kuenzer, C. (2013) afirmem que esse procedimento é uma ótima ferramenta para o fornecimento dessas manchas quase que em tempo real, o mesmo autor Feng Q. *et al.* (2015) também afirma que há um entrave no emprego desse processo devido a presença de alta nebulosidade durante esses eventos de inundações.

Até mesmo os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) vêm ganhando espaço no mapeamento de inundações por meio da utilização das imagens aéreas capturadas, ressaltando-se os trabalhos apresentados por Tauro F. *et al.* (2016), Hoffmann H. *et al.* (2016) e Bandini F. *et al.* (2018), no âmbito da mensuração de dados hidrológicos como vazão, evaporação e variação de níveis, respectivamente. Contudo, surgiu recentemente, uma possível aplicação desses veículos para o mapeamento de manchas de inundação através da geração de modelos ortoreitificados, proposta por Tschiedel *et al.* (2018). Para estes fins, o emprego de drones sobressai-se no fornecimento de forma eficaz, segura e com alta resolução, dessas informações hidrológicas como a extensão de uma inundação além da viabilização do registro em áreas de difícil acesso. Contudo, ainda são empecilhos na sua utilização a duração de suas baterias e o encontro de locais adequados para a sua decolagem e pouso.

Sabe-se também pela pesquisa de Tschiedel *et al.* (2018), que é exequível essa delimitação a partir de uma filmagem que foi realizada durante o sobrevoo de um helicóptero de bombeiros, e obter resultados aceitáveis.

A partir desta problemática, indo ao encontro do crescente acesso à internet, da intensificação do mercado de drones (e conseqüente barateamento dos aparelhos) e também do aumento da popularidade de plataformas de hospedagem de vídeos online, este trabalho propõe a utilização de plataformas livres de compartilhamento de vídeos, abordadas a seguir, como uma alternativa para a obtenção desses dados.

### 3.4 PLATAFORMAS DE COMPARTILHAMENTO DE VÍDEOS

Uma plataforma de compartilhamento de vídeos é um formato de website que possibilita a hospedagem de vídeos por seus usuários, disponibilizando o acesso na internet para qualquer pessoa que quiser assistir. O grande precursor desses sites foi o Metacafe, em 2003, e hoje já possui parceria com grandes estúdios de cinema, gravadoras musicais, ligas esportivas, redes de TV e outros (FURTADO, 2012) O exemplo mais disseminado atualmente é o YouTube, devido ao seu domínio livre e à diversidade de traduções do website. No mercado também existem as plataformas Vimeo, DailyMotion, Veoh, Zippcast, Blip.tv, Viddler, entre outras.

Hoje em dia, existem vídeos das mais diversas categorias, como entretenimento, ensino, jornalismo, esportes, economia, gastronomia, mecânica, etc. Com isso, as plataformas que os armazenam já se tornaram uma ferramenta importante de acesso de públicos distintos. Os autores Mattar (2009), Vicente (2007), Dallacosta (2004), Schoenau (2013), relacionam o Youtube como uma ferramenta de aprendizagem do ensino a distância (EaD). Além disso, essa mesma plataforma desenvolveu uma expansão própria especializada em vídeos de faculdades e universidades, incluindo instituições renomadas como MIT, Berkeley, Yale, Princeton e Stanford, dentre outras, Youtube EDU.

Almeida (2011) afirmou que no futuro, se melhorada as restrições de confiabilidade na divulgação de informações na internet, essa pode se tornar uma fonte primária de pesquisas históricas. Não só no futuro, mas como atualmente, porém na área de pesquisa hidrológica, os autores Michelsen *et al.* (2016) e Le Boursicaud *et al.* (2016) utilizaram vídeos aéreos disponíveis no Youtube para estudar o nível d'água e para a determinação de vazão de descarga

após evento de inundação. Se mostrando assim o Youtube como uma forte fonte de informações para uma grande variabilidade de áreas.

Com a crescente facilidade ao acesso à internet, devido ao barateamento desse recurso, e do avanço tecnológico, a propagação das plataformas só tende a aumentar. Até 2021, segundo Cisco Visual Networking Index (2017) o tráfego dos vídeos será responsável por 82% do tráfego total de usuários da internet com uma taxa de crescimento anual composta de 31% (Tabela 1).

Tabela 1. Consumidores globais de vídeos da internet. (2016-2021)

<b>Vídeo da Internet para consumidores 2016–2021</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>CAGR<sup>2</sup> 2016–2021</b>
<b>Por geografia (PB<sup>3</sup> por mês)</b>							
Ásia-Pacífico	13,845	19,228	25,854	35,024	46,423	61,352	35%
América do Norte	15,254	20,114	25,778	32,329	39,275	45,485	24%
Europa Ocidental	6,290	8,520	11,005	14,035	17,533	21,760	28%
Oriente Médio e África	1,170	1,944	3,068	4,754	7,218	10,895	56%
Europa Central e Oriental	2,527	3,350	4,369	5,824	7,754	10,170	32%
América latina	2,943	3,960	5,035	6,215	7,650	9,500	26%
<b>Total (PB<sup>3</sup> por mês)</b>							
<b>Consumidores de Vídeo da Internet</b>	<b>42,029</b>	<b>57,116</b>	<b>75,109</b>	<b>98,182</b>	<b>125,853</b>	<b>159,161</b>	<b>31%</b>

Fonte: adaptado de Cisco VNI, 2017.

Portanto, quanto maior utilização das plataformas online de compartilhamento de vídeos maior também será a quantidade de conteúdo hospedado e consequentemente mais amplo será esse banco de fornecimento de dados que poderão ser utilizados para pesquisas e metodologias como o mapeamento de áreas de risco de inundação, como o presente trabalho aborda.

Por conseguinte, dando continuidade a este capítulo, o próximo tema a ser discursado refere-se ao software que foi utilizado na metodologia proposta.

<sup>2</sup> Compound Annual Growth Rate (Taxa de crescimento anual composta).

<sup>3</sup> PB (Petabyte) = 10<sup>15</sup> bytes.

### 3.5 SOFTWARE AGISOFT PHOTOSCAN

O Agisoft PhotoScan é um software que realiza modelagens tridimensionais a partir de imagens bidimensionais. Segundo os desenvolvedores do programa, ele é eficiente em condições controladas e não controladas, processando imagens arbitrárias que podem ter sido capturadas em qualquer posição, desde que a estrutura a ser reconstituída apareça em pelo menos duas das fotos. A reconstituição e construção do modelo em 3D são automatizadas (AGISOFT, 2016), onde suas etapas constituem-se em: (i) Alinhamento de fotos, (ii) Elaboração de nuvem densa de pontos, (iii) Criação de malha e (iv) Construção da textura do modelo (TCSHIEDEL *et al.*, 2018) e por fim (v) Construção do ortomosaico. Sendo resumidas abaixo:

i) Alinhamento de fotos (*Align photos*): esta etapa enquadra o alinhamento inicial das fotos utilizadas. Os parâmetros apresentados neste processo são referentes a precisão do alinhamento e a pré-seleção de pares. A primeira refere-se a qualidade do alinhamento das fotos, onde quanto maior a precisão requerida, maior o seu tempo de processamento, pois o software baseia-se no tamanho da imagem. Sendo a maior precisão, o tamanho original da foto, e ao diminuí-la, sua escala decresce em 4 vezes. No entanto, a precisão máxima apenas sobressai-se sobre as outras quando a resolução da imagem é extremamente alta, caso contrário, o software acaba tentando precisar o alinhamento em detalhes e pode obter um resultado pior no alinhamento. Já o parâmetro de pré-seleção de pares possibilita utilizar de dados de geolocalização presentes, ou não, nas fotos para esse alinhamento. Sendo assim, as opções encontradas nessa configuração são: Desativado, quando não há esses dados de GPS; Genérico, onde o software tenta interpolar esses dados; e Referencia, quando há esses dados (AGISOFT, 2016).

ii) Elaboração de nuvem densa de pontos (*Build Dense Cloud*): esta etapa se dá na geração de uma nuvem densa de pontos, calculando a localização e a profundidade de cada ponto ou feição, baseando-se nas posições estimadas das fotos alinhadas na etapa anterior. Os parâmetros presentes são: Qualidade e Filtragem de Profundidades (*Depth Filtering*). O primeiro especifica a qualidade da reconstrução desejada e o seu funcionamento assemelha-se a precisão no alinhamento de fotos, cuja modalidade alta pode ser utilizada obter uma geometria mais detalhada e precisa, mas exigem mais tempo para o processamento. Já o parâmetro de

Filtragem de Profundidades serve para filtragem de pontos que possivelmente podem não constituir a superfície modelada; variando de Suave, Moderado a Agressivo, diferenciando-se do modo como irá ser feita essa filtração ou até Desativado, não excluindo nenhum ponto da nuvem (AGISOFT, 2016).

iii) Criação da malha (*Build mesh*): esta etapa compõe a construção da malha, ou seja, o “grosso” do modelo. Caracterizada com os parâmetros: Tipo de superfície, se a modelagem a ser realizada será plana, ou se não, arbitrária; Dados de origem, se irão ser utilizados uma nuvem de pontos esparsa (procedimento mais rápido porém menos eficiente) ou a nuvem densa de pontos (criada na etapa anterior); Contagem de faces (Alto, Médio, Baixo), especifica o número de faces na malha final, e por fim o parâmetro de Interpolação, onde se pode optar, ou não, pela interpolação dos locais que não foram encontrados pontos no modelo final, com as opções de Desativado, Ligado e Extrapolação (extrapola as bordas do modelo para o tamanho desejado, entretanto perde muita consistência das mesmas) (AGISOFT, 2016).

iv) Construção da textura do modelo (*Build model texture*): esta etapa determina como será a textura do produto, sendo assim, a seleção adequada das suas opções auxilia na melhor qualidade visual do modelo final. Os parâmetros a serem escolhidos neste processo são:

- Modo de mapeamento, onde a modelagem será realizada com as características da opção escolhida. Dentre elas estão: Genérico (a texturização realizada de forma mais uniforme possível, não realizando nenhuma suposição), Ortofoto (toda superfície é texturizada através da projeção ortográfica), Ortofoto Adaptado (adaptação da Ortofoto, com divisão em regiões planas e verticais, diferencial pois essas texturizadas separadamente de modo a preservar os detalhes verticais), Esférico (textura para um produto esférico), Foto única (utilizar uma foto para basear a textura) e Manter uv (utiliza o modo de parametrização atual do modelo para realizar a textura); (AGISOFT, 2016).
- Modo de combinação, apresenta como os valores de pixels de diferentes fotos serão combinados na textura final. Dentre as opções se encontram: Máxima/Mínima intensidade (seleciona a foto que há maior/menor intensidade do pixel), Média (utiliza a média ponderada dos pixels das fotos individuais), Mosaico (realiza uma mesclagem nos componentes de baixas frequências e os de altas frequências, que originam os detalhes, são retirados das fotos que aparentam melhor resolução da área de interesse) e por fim, Desativado (utiliza o modo de

alta frequência do modo mosaico para selecionar a cor dos pixels) (AGISOFT, 2016);

- Tamanho/Contagem da textura, que limita as numerações das colorações a serem detectadas (AGISOFT, 2016).

v) Construção do ortomosaico (*Build orthomosaic*): nesta etapa é sugerido as opções de projeção planar (XY) ou geográfica para que seja possível a extração do modelo posteriormente. Assim, para a segunda opção é preciso selecionar a projeção geográfica a ser seguida e localizar os pontos de controle no modelo para assim o possível georreferenciamento do mesmo (AGISOFT, 2016).

Esta construção é possível pois o Agisoft Photoscan baseia-se no algoritmo SIFT – *Scale Invariant Feature Transform* proposto por Lowe (2004) que possibilita o reconhecimento de pontos idênticos mesmo que em angulações distintas e independente da escala (AGISOFT, 2016).

O funcionamento do Agisoft Photoscan assemelha-se a técnicas de aerofotogrametria que, conforme Jensen (2009), se fundamentam na geração de mapas georreferenciados a partir de imagens sequenciais aéreas. Considerando isso, o programa foi utilizado por Tschiedel *et al.* (2018) para a transformação de imagens sequências providas de vídeos para a geração de manchas de inundação, um dos objetivos abordados deste trabalho.

Este software também já foi utilizado por outros pesquisadores, como Agapiou *et al.* (2015) e Bendig *et al.* (2013), que processaram imagens aéreas, obtidas a partir de VANT's (Veículos Não-Tripulados), para gerar um modelo 3D de um patrimônio cultural e para determinar a variabilidade do crescimento e tratamento da cultura da cevada. Não só eles, como também Fagundes (2016) e Trindade (2016) que construíram o Modelo Digital de Superfície (MSD) dos respectivos locais em análise utilizando o mesmo programa.

Em outro tipo de aplicação, Burns *et al.* (2015) utilizou o software com fotografias de corais e, através do modelo 3D gerado, obteve propriedades físicas de alta resolução de colônias de corais combinadas com a sua cobertura para caracterização do recife como uma estrutura viva. Além disso, Sona *et al.* (2014) concluiu que os melhores resultados, em termos de qualidade de produtos fotogramétricos, foram do Agisoft Photoscan, comparando Modelos Digitais de Elevação (MDE) gerados tanto por esse quanto por outros softwares.

Em alguns casos, a construção consiste de um modelo 3D pode ser dificultada devido ao conjunto de imagens. Nesse sentido, o processamento de imagens que foram cortadas

manualmente ou distorcidas geometricamente poderão provavelmente ocasionar resultados altamente imprecisos, principalmente nas bordas do modelo reconstituído (AGISOFT, 2016). Porém, o estudo de Tschiedel (2018) aborda que erros como estes devem ser compatíveis com a escala de trabalho desejada, pois a partir de vídeos transformados em um frame de imagens sequenciais cortadas manualmente, obteve-se resultados bem satisfatórios para o objetivo proposto.

Portanto, a utilização do Agisoft Photoscan, o qual se embasa no algoritmo SIFT, permite que um vídeo de filmagens aéreas, que nada mais é que uma sobreposição de imagens sequenciais, filmado sem controle e sem o intuito da realização de aerofotogrametria, possa ser utilizado para este objetivo (TSCHIEDEL *et al.*, 2018), dependendo da escala de projeto desejada.

### 3.5.1 O Algoritmo SIFT

O algoritmo SIFT, “Scale Invariant Feature Transform” (Transformação de recurso independente da escala), desenvolvido por Lowe (2004) baseia-se em um sistema de reconhecimento de objetos invariantes a escala, ruído ou rotação na imagem e parcialmente a mudança de iluminação. O SIFT trabalha com as seguintes etapas: detecção de extremos, localização de pontos chave, definição de orientação e descritor de pontos chave (LOWE, 2004).

Primeiramente, o algoritmo detecta os extremos buscando todas as escalas e localizações de imagem. Isto é realizado, de forma eficiente, devido à utilização de uma função de diferença de Gauss, a fim de identificar os possíveis pontos de interesse invariantes à escala e orientação, criando assim um “espaço de escala”. Tão logo, os possíveis pontos chave são localizados, onde um modelo detalhado é adaptado com o intuito de identificar a localização e a escala. Os pontos chave são escolhidos baseados nas medidas de sua estabilidade. Para cada uma destas localizações são designadas orientações baseando-se nas direções dos gradientes da imagem local. Todas as operações seguintes são realizadas relacionando com os dados da imagem modificados em relação à orientação, escala e localização de cada ponto chave. Desse modo, as transformações feitas serão invariantes. Por fim, os gradientes passam a ser mensurados no entorno de cada ponto chave, na devida escala, e então são caracterizados e

convertidos em uma representação, que possibilita a distorção do objeto e a variação na iluminação da imagem (LOWE, 2004).

O algoritmo SIFT não foi descrito detalhadamente por não se tratar do objetivo deste trabalho, mas seu estudo completo pode ser visto em Lowe (2004). Contudo, se faz importante ressaltar que o SIFT é utilizado como base para diversas pesquisas de áreas bem distintas como Niebles *et al.* (2006) que analisaram o cérebro humano com imagens de Ressonância Magnética 3D; Cheung *et al.* (2007) que desenvolveram uma técnica de correspondência de imagens médicas multimodal totalmente automatizada; Li *et al.* (2009) que propõem uma reestruturação do algoritmo para a melhora quando utilizadas imagens de sensoriamento remoto, ou então Se. Se. *et al.* (2001) que descrevem um outro algoritmo de localização e mapeamento para robô móvel.

Através das representações realizadas pelo algoritmo, softwares de comparação de imagens e reconhecimento podem identificar objetos ou cenas, a fim de reconstruir um modelo tridimensional como o Agisoft Photoscan realiza. Portanto, estes modelos, quando criados a partir de uma sequência de imagens aéreas de um evento de inundação através da metodologia apresentada neste trabalho, tem potencial para representar manchas de inundação em uma escala adequada de trabalho.

### 3.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Considerando a revisão bibliográfica apresentada, enfatiza-se a problematização no levantamento de dados hidrológicos pelas dificuldades e custos elevados envolvidos no processo. Especialmente os dados relacionados a manchas de inundação que estão associados com eventos extremos, incluindo consequências severas como perdas de vidas humanas e o prejuízo socioeconômico. E nestas situações de evento extremo o levantamento de informação, embora fundamental para posterior utilização em estudos e projetos, acaba sendo muito difícil e não priorizada.

Logo, o mapeamento de inundações mostra-se pertinente, e estudos de formas alternativas para a sua obtenção são necessários especialmente os que visam o aumento na quantidade de informações hidrológicas obtidas para evitar que estes desastres ocorram novamente.

Nesta linha, justamente o avanço tecnológico e o crescente número de usuários hospedando vídeos em plataformas online de compartilhamento de vídeos poderá ajudar diante dos problemas salientados. O presente trabalho avança nesta via de investigação utilizando-se do auxílio de vídeos compartilhados e estudando uma nova possibilidade de obtenção de dados hidrológicos, como manchas de inundação. Para isto, a metodologia proposta será detalhada a seguir.

## 4 METODOLOGIA

A metodologia abordada neste trabalho seguiu as seguintes etapas: selecionar os vídeos aéreos de inundações nas plataformas online de compartilhamento; realizar a conversão dos vídeos em conjuntos de imagens sequenciais por meio do software livre *Video To JPG Converter*, disponível em no website <https://www.dvdvideosoftware.com/pt/products/dvd/Free-Video-to-JPG-Converter.htm>, e construir o modelo tridimensional da mancha de inundação do referido desastre através do software Agisoft Photoscan; identificar pontos de referência no modelo e georreferenciar o modelo a partir desses e por fim isolar a mancha de inundação georreferenciada que foi gerada. Logo, o fluxograma a seguir resume as etapas seguidas na metodologia:

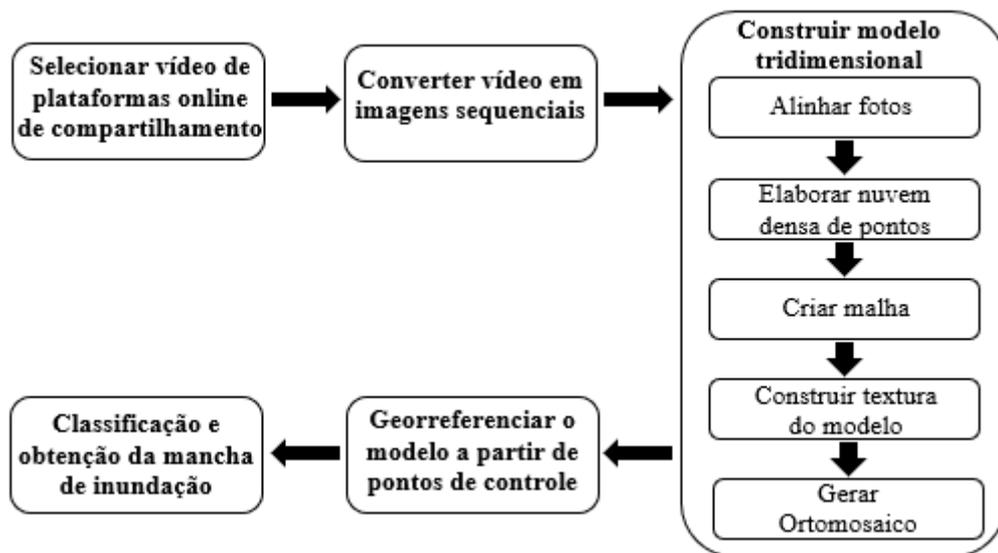


Figura 2. Fluxograma resumo da metodologia do trabalho.

Fonte: própria autora.

Através destes vídeos foram realizados experimentos com uso do software Agisoft Photoscan que utiliza o alinhamento de um conjunto de imagens para reconstruir um modelo tridimensional. Sendo assim, foram construídos modelos tridimensionais e gerado as respectivas manchas de inundação visualizadas nos mesmos. Ressalva-se que os modelos gerados serão de três dimensões, entretanto, para o intuito do presente trabalho, a obtenção da extensão das manchas de inundação, não é necessária a dimensão vertical.

#### 4.1 A SELEÇÃO DOS VÍDEOS

A seleção dos vídeos que foram utilizados na metodologia deste trabalho foi realizada através da busca, em diversas plataformas online de compartilhamento de vídeos, de filmagens que respeitassem alguns critérios pré-estabelecidos baseados no estudo de Tschiedel *et al.* (2018). Neste estudo o autor empregou métodos parecidos com o que se está aqui apresentando e obteve resultados satisfatórios. Estes critérios para a escolha dos vídeos: obrigatoriamente vídeos obtidos de uma plataforma aérea (helicóptero, drone ou avião); com filmagem contínua (sem quebras de paisagem) e dinâmicos, acompanhando a área de interesse e que apareça sempre o contorno da inundação (área inundada e não inundada) e nunca apenas a mancha isoladamente (área debaixo d'água). Este último critério foi proposto, pois se acreditou que o Software Agisoft Photoscan, utilizando o algoritmo SIFT, não conseguiria diferenciar alguns pontos sobre a mancha de água para a realização da sobreposição de imagens.

Respeitando as limitações das filmagens apresentadas, quatro vídeos foram selecionados, de diferentes locais do mundo, provenientes de plataformas online de compartilhamento de vídeos. A busca foi realizada em várias plataformas, a partir de palavras chaves que relacionavam inundação como *flood, flooding, enchente*; com imagens aéreas como VANT, drone, UAV, *aerial video*, entre outras. Os vídeos escolhidos foram obtidos por meio de apenas duas plataformas: o Youtube e a DailyMotion sendo apresentados a seguir. Relembra-se que, através do software *Video To JPG Converter* os vídeos foram fracionados em um frame de imagens sequenciais para posteriormente o processamento no software AgiSoft Photoscan.

A seguir serão descritos os vídeos que serão utilizados neste trabalho. A primeira filmagem apresentada, obtida na Plataforma do Youtube, é de dentro de um avião que sobrevoava a região Metropolitana de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul (Brasil). A segunda, obtida também na mesma plataforma, é o sobrevoo de um drone na cidade de Wharton, no Texas (EUA). Os outros dois vídeos são provenientes da plataforma online DailyMotion e ambos retratam inundações filmadas através de Veículos Aéreos Não-Tripulados. O primeiro trata-se do sobrevoo no município de Mindanao, localizado no sul das Filipinas, e o segundo em Penrith, na região central do Reino Unido. Esses vídeos e a contextualização de cada evento serão apresentados a seguir.

#### 4.1.1 Inundação na Região Metropolitana da cidade de Porto Alegre – Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (11/10/2015)

O primeiro caso utilizado trata-se de um vídeo realizado em uma janela do interior de avião que sobrevoa a extensão de uma inundação, na região Metropolitana de Porto Alegre, publicado em 20 de outubro de 2015 (JOSHUA, 2015). Na Figura 3 são apresentadas algumas fotos que compuseram o frame de imagens extraídas a partir do vídeo em questão para contextualizar o leitor.

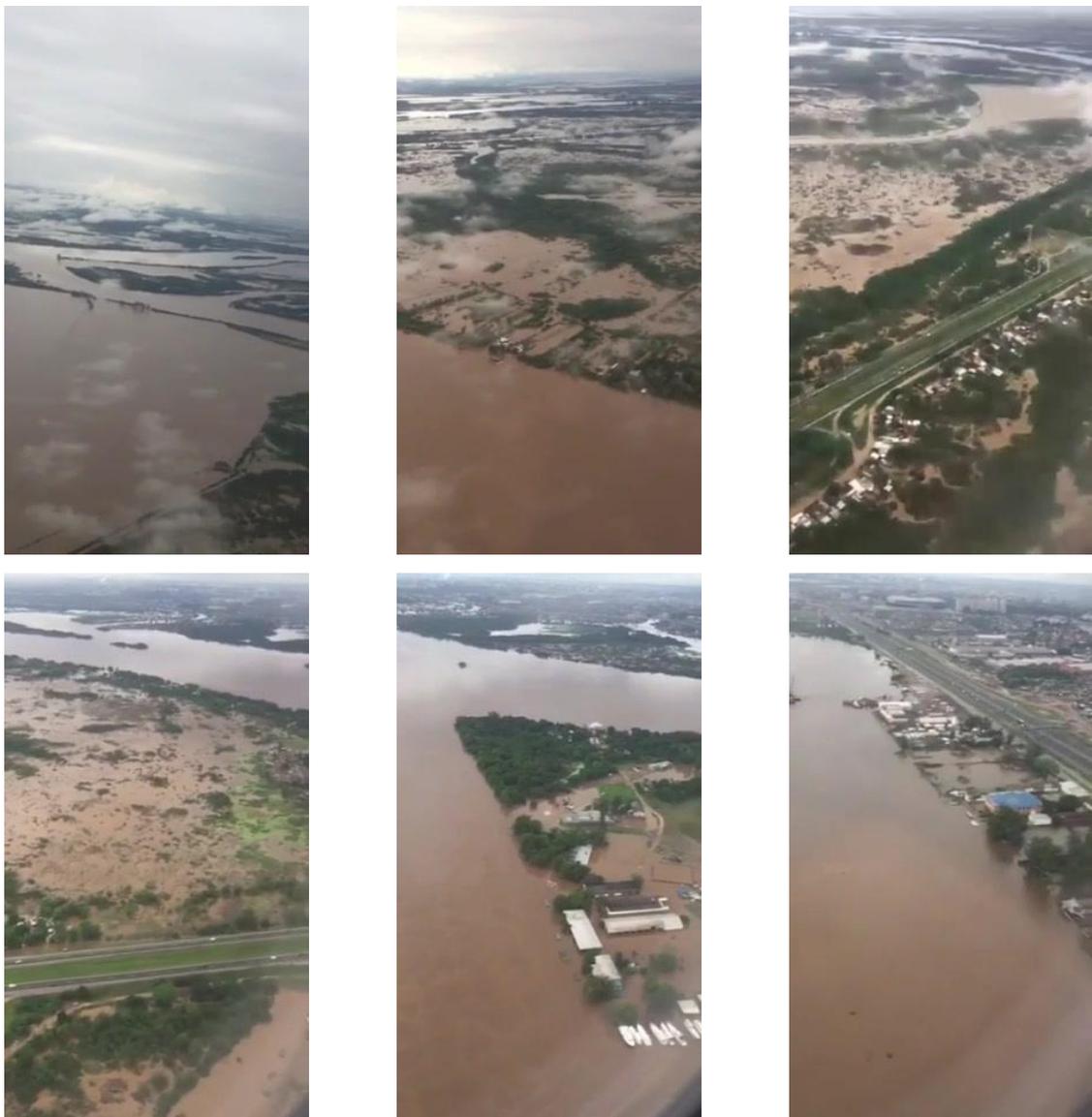


Figura 3. Frame de fotos extraídas do vídeo filmado do interior de um avião que sobrevoava a extensão da inundação na região Metropolitana de Porto Alegre em 11 de Outubro de 2015.

Fonte: própria autora.

A região metropolitana em questão localiza-se nos contornos da capital do estado do Rio Grande do Sul. Essa região é composta por 32 municípios, possui aproximadamente 4 milhões de residentes segundo o Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010), e é banhada pelos cursos d'água do Delta do Jacuí e o Lago Guaíba. O relevo local é predominantemente plano e por isso os alagamentos são recorrentes. Muito embora a descrição do vídeo na plataforma refira o evento como acontecido na “Grande Porto Alegre”, ou seja, na região Metropolitana do município, a área filmada abrange apenas dois municípios desse conglomerado: Eldorado do Sul e Porto Alegre (apenas área próxima ao local de pouso), além das Ilhas das Flores e do Pavão que se encontram sob a jurisdição da capital. A área filmada pelo sobrevoo do avião foi encontrada por meio de comparações com as imagens de satélite do Google Earth e é apresentada na Figura 4. O ponto marcando no mapa identifica o Aeroporto Internacional Salgado Filho, lugar de pouso da aeronave.



Figura 4. Localização da inundação na Região Metropolitana de Porto Alegre onde o avião sobrevoou.  
 Fonte: própria autora.

Apesar da data de publicação, o evento visualizado foi decorrente uma sucessão de eventos de precipitações intensas entre os dias 7 e 9 e novamente no dia 13 de outubro de 2015 no estado. Essa sucessão ocasionou o acúmulo no volume d'água e no extravasamento dos cursos hídricos que fazem margem à região. Além das chuvas de outubro, desde julho já se acumulavam mais de 1000mm precipitados nos últimos quatro meses, registrou o Metroclima (SUL21, 2015). Segundo dados obtidos no Metroclima (PORTO ALEGRE, 2018), integrado ao Centro Integrado de Comando da Cidade (CEIC) de Porto Alegre, a estação fluviométrica São João, mais próxima da área inundada, mediu 80,10mm de volume precipitado no dia 8, e como resultado dessa elevação dos níveis d'água a régua linimétrica do Caís Mauá chegou a registrar 2,90 metros quatro dias depois.

Essa marca foi dada como histórica, sendo uma das mais elevadas já observadas no histórico de 150 anos de registros do Lago Guaíba e, conforme dados históricos do SPH (Superintendência de Portos e Hidrovias) fornecidos ao Metroclima, o nível dessa cheia foi o maior desde a inundação de 1941, excedendo os 2,83 m em 1967, 2,60 m em 1984, 2,56 m em julho de 2015, 1965 e 1966, e 2,52 m em 2002 (PORTO ALEGRE, 2015).

As inundações consequentes do evento descrito, atingiram em todo o estado conforme boletim da Defesa Cívil, 57 municípios e mais de 49 mil pessoas. (SUL21, 2015) E só no arquipélago que pertencem as Ilhas mostradas no vídeo, mais de dois mil residentes foram impactados negativamente, perdendo suas casas e precisando de abrigos (GONZATTO, 2015).

No contexto da contenção desses desastres que foram construídas as estruturas do Caís Mauá há 50 anos atrás, após a cheia histórica de 1967, composta por 14 comportas que são manuseadas conforme o volume atingido do Guaíba. Desde 1972 que essas contenções não haviam sido utilizadas, entretanto durante o evento mencionado, 13 comportas foram fechadas. (G1 RS, 2015)

A nível da preocupação federal, o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais foi desenvolvido, no ano de 2011, pelo Ministério das Cidades, disponível em no website [http://www.planejamento.gov.br/apresentacoes/apresentacoes-2012/120808\\_plano\\_nac\\_risco\\_2.pdf](http://www.planejamento.gov.br/apresentacoes/apresentacoes-2012/120808_plano_nac_risco_2.pdf), onde foi prevista a priorização das obras do eixo de prevenção para a Região Metropolitana de Porto Alegre. A partir desse plano, desde 2016, estão

em desenvolvimento estudos de concepção e anteprojeto para proteção contra cheias do rio Gravataí e afluentes na capital. (BROSE, 2017)

Já a nível estadual frente a acontecimentos que, no ano passado, foi criada em 2017 a Política Estadual de Gestão de Riscos de Desastres no estado do Rio Grande do Sul, disponível em no website <https://www.sema.rs.gov.br/politica-estadual-de-gestao-de-riscos-de-desastres>, a fim de propor ações para a prevenção e mitigação dos desastres que afetam o estado, além de planos de recuperação posterior às áreas possivelmente afetadas. E, dentre essas ações, encontra-se o mapeamento das áreas suscetíveis a inundações.

Contudo, apesar das iniciativas dos órgãos estaduais e federais para prevenir e mitigar os desastres, principalmente por causas hidrológicas, essas ainda são muito recentes. E, diante das ações propostas pelos Planos e Políticas que incluem não só a Região Metropolitana de Porto Alegre como o estado em um todo, a obtenção de dados hidrológicos através de plataformas alternativas, como proposto neste trabalho, poderá facilitar as suas realizações.

Continuando a contextualização dos casos provenientes da plataforma Youtube, o segundo vídeo será apresentado no item que se segue.

#### **4.1.2 Inundação no Condado de Wharton – Estado do Texas, Estados Unidos da América (29/08/2017)**

O segundo caso trabalhado foi obtido através de um drone, como o próprio título afirma, seguindo a inundação no Condado de Wharton, sudeste do Texas, e foi publicado 10 dias após o incidente (KTVU, 2017). Na Figura 5 são apresentadas algumas fotos que compuseram o frame de imagens extraídas a partir do vídeo em questão para contextualizar o leitor.



Figura 5. Frame de fotos extraídas do vídeo filmado de um drone que sobrevoava a extensão da inundação no Condado de Wharton no dia 29 de Agosto de 2017.

Fonte: própria autora.

O pequeno Condado de Wharton localiza-se à beira do Rio Colorado e aproximadamente 95 km do centro da conhecida cidade de Houston, e possui 41.968 habitantes, segundo o censo de 2017 da United States Census Bureau. Sua topografia é basicamente plana, com altitude média acima do nível do mar de 30 metros. O clima na cidade é caracterizado por um verão longo e quente, e um inverno curto, ameno, úmido e ventoso (WEATHER SPARK, 2018). Com o auxílio das imagens de satélite do Google Earth, o local da filmagem do drone foi identificado na Figura 6.



Figura 6. Localização da filmagem realizada pelo drone.  
Fonte: própria autora.

A inundação, consequência do extravasamento do rio Colorado, visualizada no vídeo,   recorrente da passagem do Furacão Harvey na cidade, em 29 de agosto de 2017. A movimentac o do furacão de Categoria 4<sup>4</sup>, foi lenta e causou uma inundação catastrófica no sudeste do Texas. Harvey foi o evento de chuvas mais significativo na história dos Estados Unidos, tanto em extensão quanto em volume precipitado, desde o início dos registros de precipitação no local, que se deu por volta de 1880. Como consequência, os níveis do rio Colorado aumentaram, chegando a aproximadamente 15 metros (NEALE, 2017) e deixaram várias áreas de Wharton inundadas (CITY COUNCIL OF WHARTON, 2018). Os locais mais atingidos foram os situados em cotas mais baixas atingindo até o segundo andar de algumas casas, estimou-se que 2000 casas foram danificadas ou destruídas no condado. Além destes prejuízos, estradas foram fechadas e a colheita de algodão local foi dizimada (BLAKE; ZELINKSY, 2018).

<sup>4</sup> Furacão de Categoria 4: segundo a escala Saffir-Simpson, causa danos extremos, possui ventos entre 211 a 249 km/h e alturas de 3,9 a 5,5 metros.

Wharton, infelizmente, escreve uma longa história de inundações, pois desde 1846, data da sua fundação, ocorreram na cidade 19 grandes desastres de inundações (CITY COUNCIL OF WHARTON, 2018). Com isso, foi criado em 2015, pela Aliança das Planícies de Inundação do Rio Colorado (TCRFC)<sup>5</sup>, o Plano de Mitigação de Desastres específico para o condado, disponível em no website <http://jswassoc.com/hmplans.html>, a fim de reduzir e mitigar os danos causados pelas inundações na bacia do Colorado.

Nos EUA, o órgão responsável por identificar as áreas de riscos de inundações e propor mitigações para a redução do impacto destes e de todos outros desastres naturais e antrópicos é Agência Federal de Gerenciamento de Emergências (FEMA) (FEMA, 2018a). Por meio de mapeamentos e avaliações é feito o planejamento dos riscos relacionados aos desastres, como por exemplo o Plano de Nacional de Seguro contra Inundações (NFIP). Os mapas oficiais realizados apresentam todas as áreas de risco de inundações e embasam o NFIP auxiliando na estimativa do custo do seguro ao cidadão a fim de protegê-lo economicamente caso haja o extravasamento dos corpos d'água (FEMA, 2018b).

Entretanto, apesar de toda a preocupação do governo com a ocorrência desses desastres hídricos, é notório que ainda são necessários outros métodos para as suas prevenção e mitigação. A metodologia apresentada neste trabalho pode auxiliar na calibração de modelos hidráulicos para a realização de uma estrutura para a contenção dos extravasamentos utilizando-se de filmagens de inundações sobre eventos passados, como o caso da passagem do furacão Harvey.

#### **4.1.3 Inundação na cidade de Kapalong, Província de Davo del Norte, Região de Mindanao, Filipinas (22/12/2017)**

O terceiro vídeo selecionado é o sobrevoo de um drone acompanhando uma inundação no município de Kapalong, no sul das Filipinas, postado no dia seguinte ao desastre (DAILYMOTION, 2017). Na Figura 7 são apresentadas algumas fotos que compuseram o frame de imagens extraídas a partir do vídeo em questão para contextualizar o leitor.

---

<sup>5</sup> Site da organização: <http://www.tcrfc.org/>



Figura 7. Frame de fotos extraídas do vídeo filmado de um drone que sobrevoava a extensão da inundação no município de Kapalong no dia 22 de Dezembro de 2017.  
Fonte: própria autora.

O município de Kapalong possui 68261 habitantes, segundo o censo de 2010, e localiza-se na província de Davao del Norte, pertencente à região de Mindanao (NATIONAL STATISTICS OFFICE, 2010). Foi encontrada a localização da filmagem por meio de comparações com as imagens de satélite do Google Earth e é apresentada na Figura 8.

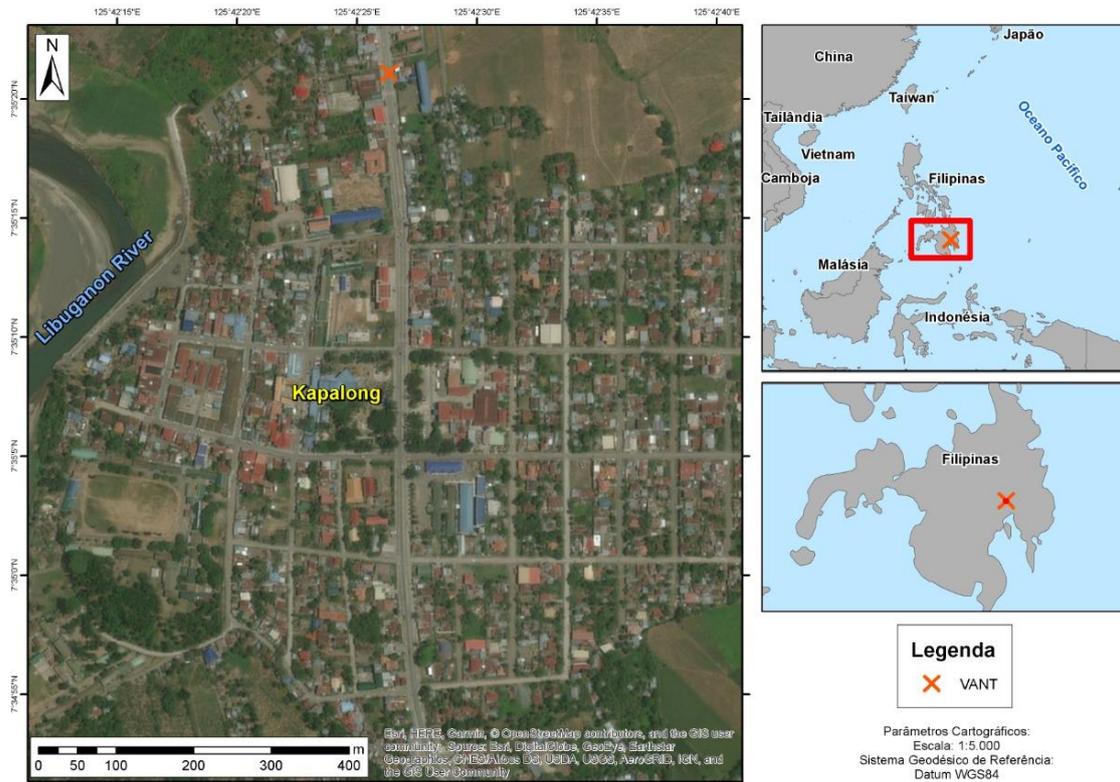


Figura 8. Localização do sobrevoe visualizado através da filmagem.  
Fonte: Própria autora.

Esta inundação, decorrente do extravasamento do rio Libuganon, foi consequência de uma tempestade tropical conhecida como Tembin (batizada pelos nativos de “Vinta”), que, segundo o agente responsável pela meteorologia local, trouxe consigo chuvas torrenciais e rajadas de vento de 83 km/hora (GUTRO, 2017). Tembin iniciou-se no dia 22 de dezembro de 2017 com precipitação maior que 140 milímetros em alguns locais de Mindanao, sobrecarregou barragens e causou inundações e deslizamentos de terra (ANDONE; LUU, 2017). E, por conta do corte de energia e falhas nas linhas de comunicação, as operações de resgate foram dificultadas (BBC, 2017). Como resultado, segundo o último relatório publicado pelo Conselho Nacional de Redução e Gestão de Risco de Desastres (NDRRMC), 239 áreas foram inundadas, 184.278 famílias afetadas, 129 pessoas mortas e 155 desaparecidas (NDRRMC, 2018).

No mesmo mês do evento em questão, as Filipinas já haviam sofrido outra tempestade tropical e Vinta seria a segunda. Denominado Urduja, o tufão aconteceu no final de semana anterior, atingiu a região central do país (ilhas Visayas) e matou pelo menos 27 pessoas. A recorrência desses eventos se dá devido o país localizar-se no cinturão de tufões do Pacífico e,

a cada ano, são registrados em média de 20 desastres relacionados a tempestades, porém esses raramente atingem a região de Mindanao (ANDONE; LUU, 2017).

A Administração de Serviços Atmosféricos, Geofísicos e Astronômicos das Filipinas (PAGASA), que é responsável por fornecer previsões meteorológicas e avisos de ciclones tropicais (PAGASA, 2018), alertou, na semana anterior à Tembin, à população de Mindanao sobre a sua gravidade, entretanto muitos cidadãos ignoraram (WORLD BOLLETIN, 2017).

Além das responsabilidades já citadas, a PAGASA também realiza boletins de inundação e alertas, previsões hidrometeorológicas, climatológicas e de exploração agrícola (PAGASA, 2018). Dentre todos estes serviços, o mapeamento de risco de inundação está incluso e os mapas encontram-se disponíveis online no seu website. Entretanto, atualmente, o número de mapas liberados ainda é baixo e suas respectivas áreas estão concentradas na região próxima à sede da Administração, norte das Filipinas.

No website da PAGASA encontram-se apenas as informações sobre os eventos do ano atual (2018), por este motivo não foi possível o acesso ao seu boletim oficial sobre a Tembin, apenas é relatado através dos noticiários da época.

A seguir o último vídeo utilizado para esta pesquisa será apresentado. Salienta-se que esse se refere ao evento mais recente e também foi obtido através da plataforma online de compartilhamento de vídeos DailyMotion,

#### **4.1.4 Inundação na cidade de Penrith, Distrito de Cumbria, Inglaterra, Reino Unido (13/10/2018)**

O último vídeo abordado neste trabalho trata-se de um sobrevoo de um VANT acompanhando uma inundação no município de Penrith, no Reino Unido. A filmagem, segundo descrição do vídeo hospedado, ocorreu no dia seguinte a tempestades torrenciais no local (DAILYMOTION, 2018). Na Figura 9 são apresentadas algumas fotos que compuseram o frame de imagens extraídas a partir do vídeo em questão para contextualizar o leitor.



Figura 9. Frame de fotos extraídas do vídeo filmado de um VANT que sobrevoava a extensão da inundação no município de Penrith no dia 13 de Outubro de 2018.

Fonte: própria autora.

A inundação vista na filmagem trata-se do extravasamento do Rio Eamont, localizado ao norte da cidade. Penrith pertence ao distrito de Cumbria, no nordeste da Inglaterra, com estimados 15.494 habitantes em 2017 (CITY POPULATION, 2018). Assim como o restante das ilhas britânicas e o Norte da Inglaterra, o local possui clima oceânico. O município faz divisa com o Lake District National Park, um parque nacional inglês constituído por áreas montanhosas e de vales (UNESCO, 2018), o que favorece um aumento da precipitação na cidade.

O local inundado gravado foi encontrado a partir da comparação da paisagem gravada com as imagens de satélite do Google Earth, sendo apresentado na Figura 10.

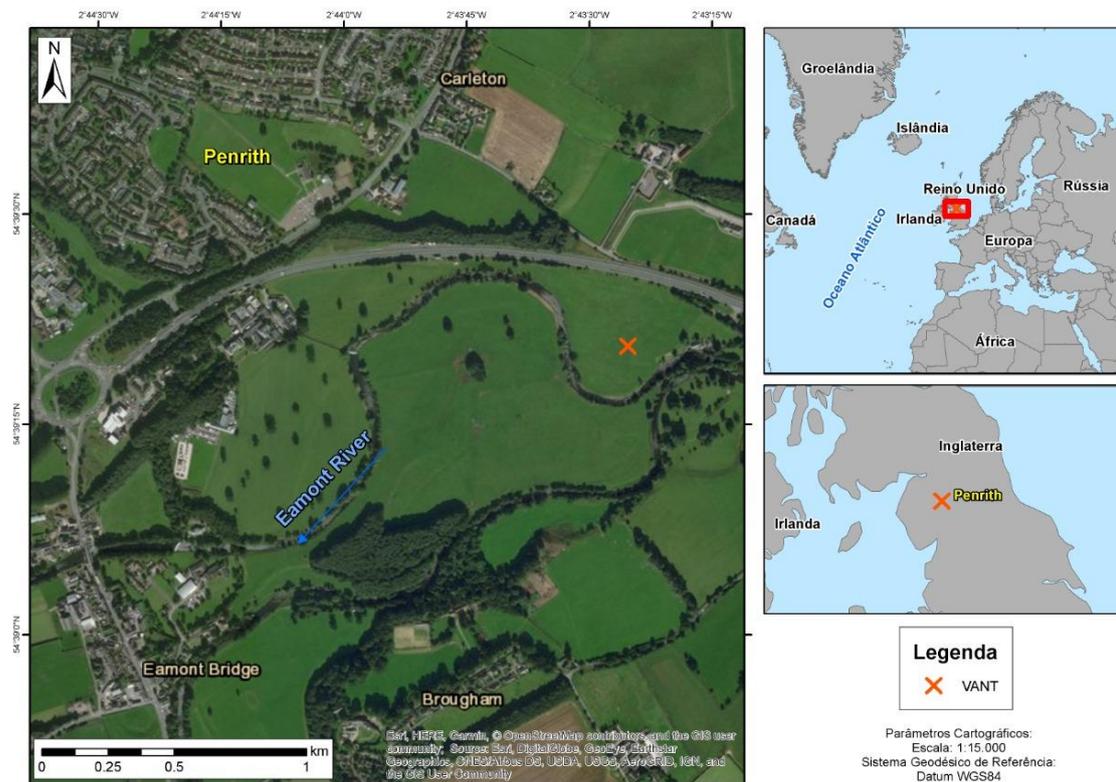


Figura 10. Localização da filmagem aérea do drone em Penrith.  
Fonte: Própria autora

A tempestade referida pelo usuário, que disponibilizou o vídeo, atingiu o Reino Unido entre 11 e 12 de outubro deste ano e foi denominada Callum. Conforme o Escritório de Meteorologia (Met Office) do Reino Unido, um alerta de chuva fortes foi emitido para Cumbria e parte do Noroeste da Inglaterra além do País de Gales, devido ao potencial de inundações nessas regiões. O mesmo órgão também estimou que a precipitação poderia chegar a mais de 60mm em 12 horas nas áreas de cotas mais altas, alcançando 100 mm em locais mais expostos. O chefe da Met Office, Frank Saunders, acrescentou que o índice de queda de folhas cresce nessa época do ano, devido às rajadas de vento naquela época do ano, as quais bloqueiam drenos ou galerias e, associados às chuvas intensas, aumentam a ocorrência inundações (MET OFFICE, 2018a).

Como consequência do alto nível dos rios e dos vendavais, várias pontes foram fechadas, estradas bloqueadas e, no noroeste da Inglaterra, houve relatos de desabamento de árvores. A principal linha ferroviária de West Cost foi interditada mediante um deslizamento de terra entre Oxenholme e Penrith (MET OFFICE, 2018b).

O Met Office é o órgão responsável por emitir os sinais de alertas de inundações à população com o auxílio do monitoramento constante de chuvas, níveis de rios e condições marinhas realizado pela Agência Ambiental (cobrindo a Inglaterra), Departamento de Infraestrutura da Irlanda do Norte, Agência Escocesa de Proteção Ambiental e Recursos Naturais do País de Gales (MET OFFICE, 2017).

Como medida mitigadora às inundações em Penrith foi desenvolvido, em meados do século XIX, um sistema de drenagem que escoava por debaixo das ruas da cidade, através de galerias revestidas de pedras, e desemboca em uma bacia de contenção, denominado Thacka Beck. Porém, algumas partes desta estrutura devem ser reconstituídos devido ao desgaste sofrido com o passar do tempo. (TAYLOR, 2010)

Já como medida preventiva, a Agência Ambiental (EA) mapeou todas as áreas monitoradas que correm risco de inundação. Estes mapas são disponibilizados no website da própria agência para o livre acesso. Porém, analisados em escala, eles aparecem muito pixelados devida à baixa resolução. E, já de antemão, informa-se que estes dados serão utilizados na validação do modelo que será construído a partir da filmagem proveniente das plataformas online de compartilhamento de vídeos.

Apesar dos mapas de risco de inundação já construídos, o monitoramento em Penrith ainda se faz necessário, visto que ainda existam populações residentes nessas áreas potencialmente inundadas como demonstrado no vídeo analisado. Entretanto, a estação meteorológica do Escritório Meteorológico mais próxima da cidade fica a 1,6 km de distância do município. Como já frisado anteriormente, o monitoramento e mapeamento muitas vezes acaba sendo muito custoso, o que dificulta a sua realização. Portanto, a metodologia proposta por este trabalho, construção de manchas de inundação a partir de vídeos de plataformas de compartilhamento online, viabilizaria esses serviços visto o seu baixo custo. Tão logo, o modelo propiciaria uma melhora na ocupação populacional local, por exemplo, ou até mesmo na resolução pontual dos mapas britânicos.

Após a seleção recém descrita, os vídeos escolhidos foram submetidos ao fracionamento em imagens a partir do software livre DVD Video Soft para o prosseguimento da metodologia. Diante disso, a segunda etapa referente ao processamento no software Agisoft PhotoScan e a construção dos modelos será detalhada a seguir.

## 4.2 PROCESSAMENTO DO FRAME DE IMAGENS E CONSTRUÇÃO DO MODELO TRIDIMENSIONAL

A segunda etapa da metodologia do presente trabalho trata-se na construção dos modelos finais tridimensionais das quatro manchas de inundação através do processamento dos conjuntos de imagens fracionadas dos vídeos propostos. Para tanto, a conversão das filmagens em frames de fotos já deve ter sido realizada por meio do software supracitado.

Ao longo deste processamento, foi-se necessário o tratamento das imagens que compunham os frames de fotos, uma vez que sejam visualizados na filmagem áreas compostas por céu e nuvens, pois o algoritmo reconhece essas áreas como pontos em comum e gera distorção no modelo de modo que convirja para estes pontos. Logo, as imagens que os continham foram cortadas de modo a isolar a área filmada de interesse sem a presença das nuvens e do céu.

Foi realizado o processamento dessas imagens, através do software Agisoft Photoscan, alinhando-as e sobrepondo-as para a construção de uma nuvem de adensamento de pontos identificados e caracterizados conforme o funcionamento do algoritmo SIFT. Posteriormente esses foram contrapostos dentro do conjunto de fotos para a construção da malha do modelo. Por fim, o software ainda inclui a textura do modelo junto a essa malha que finalmente resultou no modelo tridimensional requerido.

Após a reconstrução de um modelo da mancha de inundação para cada um dos casos apresentados, foram feitos seus respectivos georreferenciamentos, etapa descrita a seguir, para finalmente o isolamento das manchas de inundação e posterior análise comparativa das geometrias dos pontos de referência determinados e mostrar a eficiência da metodologia proposta.

## 4.3 GEORREFERENCIAMENTO DOS MODELOS TRIDIMENSIONAIS DE MANCHAS DE INUNDAÇÃO

A terceira etapa refere-se ao georreferenciamento, ou seja, a inserção de coordenadas geográficas nos modelos gerados no passo anterior. Este georreferenciamento foi realizado a partir de pontos de referência, encontrados tanto na mancha de inundação quanto nas imagens do Software Google Earth. A definição destes pontos se deu conforme marcas características

da área estudada observadas no produto intermediário gerado, como por exemplo, ginásios, igrejas, rotatórias de trânsito, esquinas e prédios diferenciados. Salienta-se que quanto maior for a distorção das formas geométricas, menos confiável será o ponto escolhido, portanto pontos nas extremidades das imagens terão menor confiabilidade pela dificuldade de sobreposição. Logo, os pontos de controle escolhidos encontravam-se distantes das margens dos modelos gerados.

Após a extração dos modelos gerados pelo software Agisoft Photoscan, inseriu-se os mesmos, a fim da validação desta etapa, no software ArcGIS e notou-se a necessidade do pós-processamento dos modelos para um georreferenciamento mais preciso desses. Assim, no próprio ArcGIS, através da ferramenta Georreferenciamento, ajustou-se os modelos e suas coordenadas a partir das mesmas e/ou outros pontos característicos visualizados no produto e no mapa.

#### 4.4 OBTENÇÃO DAS MANCHAS DE INUNDAÇÃO

Após o devido georreferenciamento dos modelos foi feito o isolamento das manchas de inundação de cada caso. Esta etapa foi realizada por meio da ferramenta de Classificação de Imagens do software ArcGIS, o qual a partir de uma classificação automática, chamada de Isoseg, agrupa regiões a partir da verossimilhança entre os pixels selecionados em determinados locais pontuais com o restante das imagens que compõem o modelo, consistindo-se na distância de Mahalanobis entre as classes e as regiões candidatas. Assim, foram classificados em regiões de inundação e de solo, e retirada a coloração da classe do solo a fim de isolar apenas mancha de inundação. Enfim, com os *shapefiles* gerados após a classificação, calculou-se a extensão da mancha de inundação a partir da geometria dos polígonos que a compunha, no mesmo software.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item são apresentados os resultados deste trabalho seguindo a metodologia previamente proposta sendo divididos em subitens conforme cada caso. Entretanto, como resultado primário, notou-se que apesar de serem gerados modelos tridimensionais, devido a qualidade e inexistência de dados de altitude das filmagens analisadas, o eixo vertical apresentou erro elevado, sendo, portanto, negligenciado. Por conseguinte, todos os modelos exibidos nestes resultados foram considerados bidimensionais.

### 5.1 MANCHA DE INUNDAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

O modelo bidimensional gerado a partir das imagens sequenciais da filmagem da região metropolitana de Porto Alegre, apresentou uma área total de 36,8 km<sup>2</sup>. Este foi construído com 113 fotos sequenciais, com tamanho médio de 18 kbytes, extraídas do vídeo com um intervalo de 1 segundo. As dez primeiras imagens da sequência foram deletadas pois a paisagem estava praticamente intacta, ou seja, sem muita movimentação e quando, tentado utilizá-las no processo, o software Agisoft Photoscan gerou pontos muito esparsos e acabaria piorando o resultado. Um comparativo visual do local com o modelo bidimensional da inundação em questão é mostrado na Figura 11.

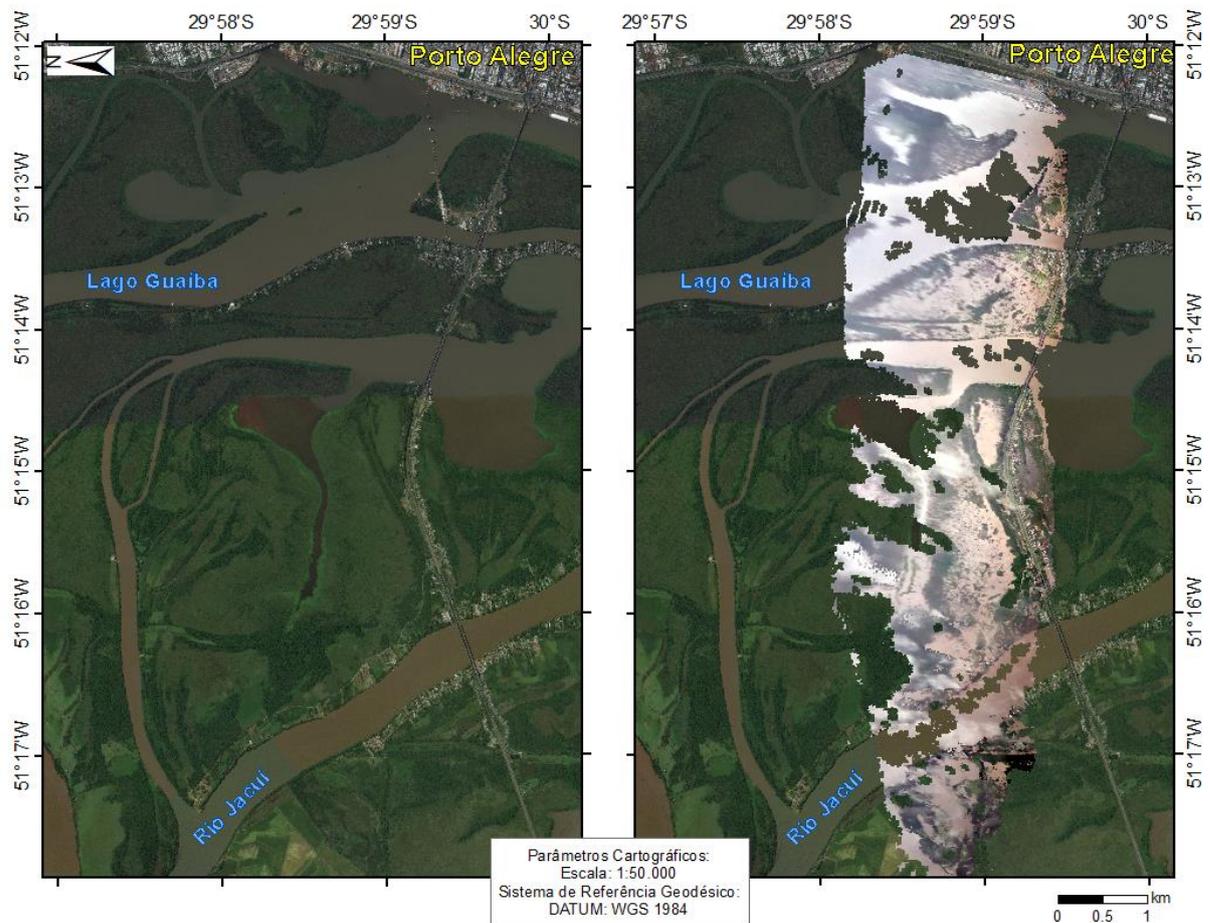


Figura 11. Comparativo visual do local com o modelo bidimensional gerado a partir da filmagem (publicada em 20/10/2015) da inundação na região metropolitana de Porto Alegre gerado pelo software Agisoft PhotoScan.  
Fonte: Própria autora.

Visando o melhor resultado possível, foram testadas diferentes configurações do software Agisoft Photoscan para a geração do modelo apresentado, sendo assim, as opções utilizadas em cada etapa nesse processo foram:

- i) Alinhamento de fotos: Elevada (Precisão) e Desativado (Pré-seleção de pares);
- ii) Elaboração de nuvem densa de pontos: Ultra-elevado (Qualidade) e Desativado (Filtragem de profundidade);
- iii) Criação de malha: Arbitrária (Tipo de superfície), Nuvem densa de pontos (Dados de Origem), Alto (Contagem de faces) e Desativado (Interpolação).
- iv) Construção da textura do modelo: Ortofoto (Modo de mapeamento), Mosaico (Modo de combinação), 4096x1 (Contagem de textura).

- v) Construir o Ortomosaico: Projeção geográfica WGS84 / UTM zona 22S, com um pixel pré-calculado pelo programa de 2,4x2,4m<sup>2</sup>.

Esse modelo foi georreferenciado previamente com os pontos de controle cujas coordenadas são indicadas na Tabela 2, a partir do software Agisoft Photoscan, é apresentado detalhadamente na Figura 12.

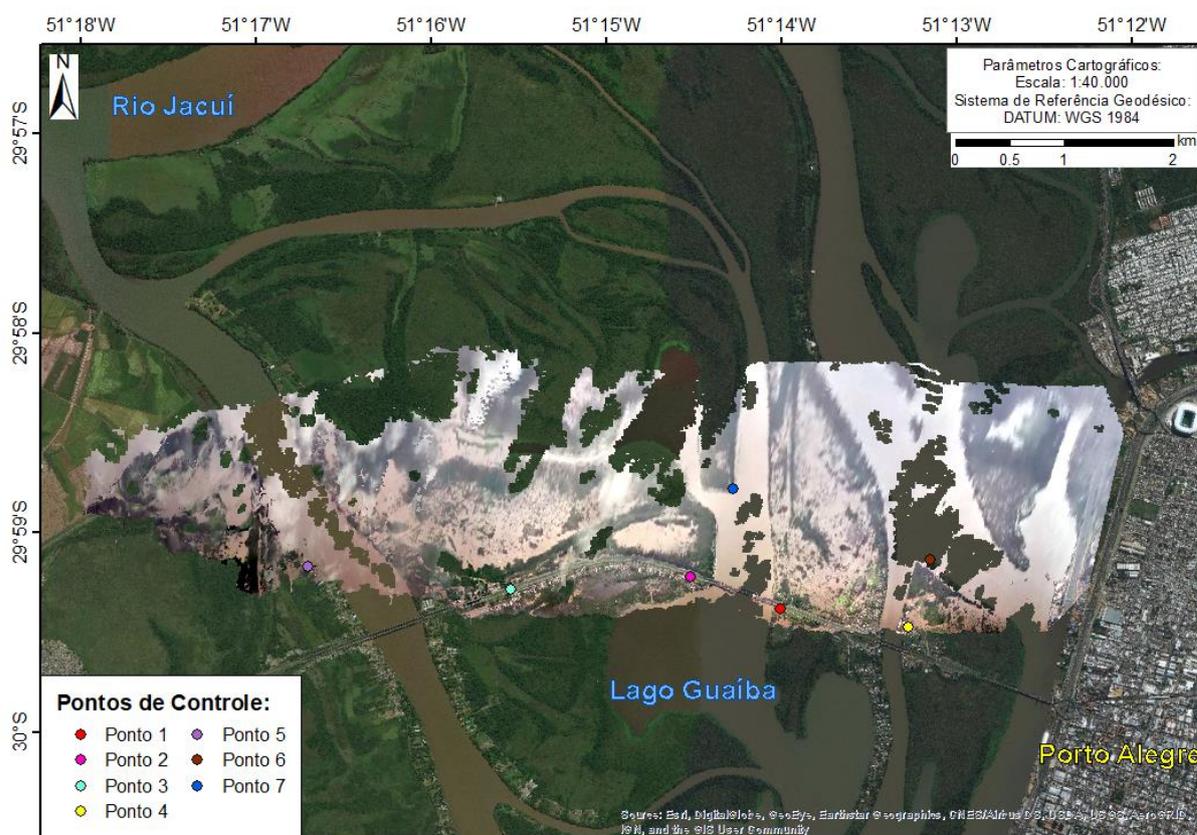


Figura 12. Modelo bidimensional gerado a partir da filmagem (publicada em 20/10/2015) da inundação na região metropolitana de Porto Alegre previamente georreferenciado com os pontos de controle escolhidos.

Fonte: Própria autora.

Tabela 2. Coordenadas dos pontos de controle utilizados para o georreferenciamento prévio do modelo bidimensional da inundação na região metropolitana de Porto Alegre no software Agisoft Photoscan.

Pontos	Longitude (m)	Latitude (m)
1	477468,70	6682314,54
2	476649,00	6682616,00
3	474989,93	6682491,75
4	478645,69	6682150,26
5	473130,99	6682702,19
6	478844,99	6682767,51
7	477035,90	6683423,80

Fonte: Própria autora.

A partir do modelo apresentado na Figura 12, notou-se um erro no georreferenciamento de 80 metros devido à grande extensão de terreno modelada, a qualidade mediana do vídeo e consequentemente das imagens utilizadas, e acredita-se que haja um pouco de imprecisão do próprio georreferenciamento realizado pelo software Agisoft Photoscan. Salienta-se também que nas extremidades o modelo acaba não sendo tão confiável pois não há sobreposição de imagens. Sendo assim, realizou-se o pós-processamento no software ArcGIS obtendo uma maior precisão no georreferenciamento do modelo, visualizado na Figura 13, corrigindo para um erro médio de 40 metros. Mostrando-se assim, uma etapa importante durante o processo de metodologia proposta.

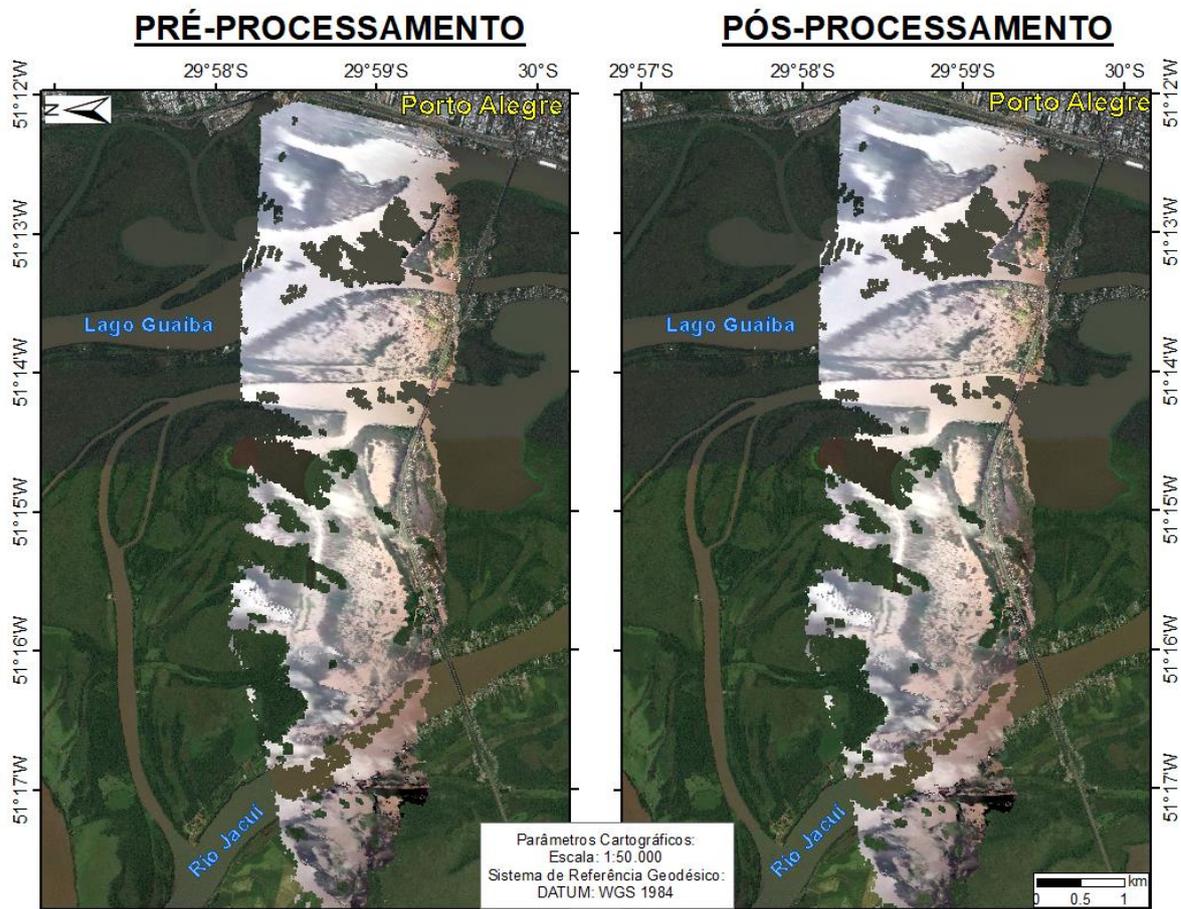


Figura 13. Comparação do modelo bidimensional gerado a partir da filmagem (publicada em 20/10/2015) da inundação na região metropolitana de Porto Alegre antes e após o georreferenciamento realizado no software ArcGIS.

Fonte: Própria autora.

Finalmente se classificou as áreas de inundação e de solo, isolando a mancha de inundação do modelo gerado e, calculou-se uma área inundada de 7,88 km<sup>2</sup> visualizada na coloração azul na Figura 14.

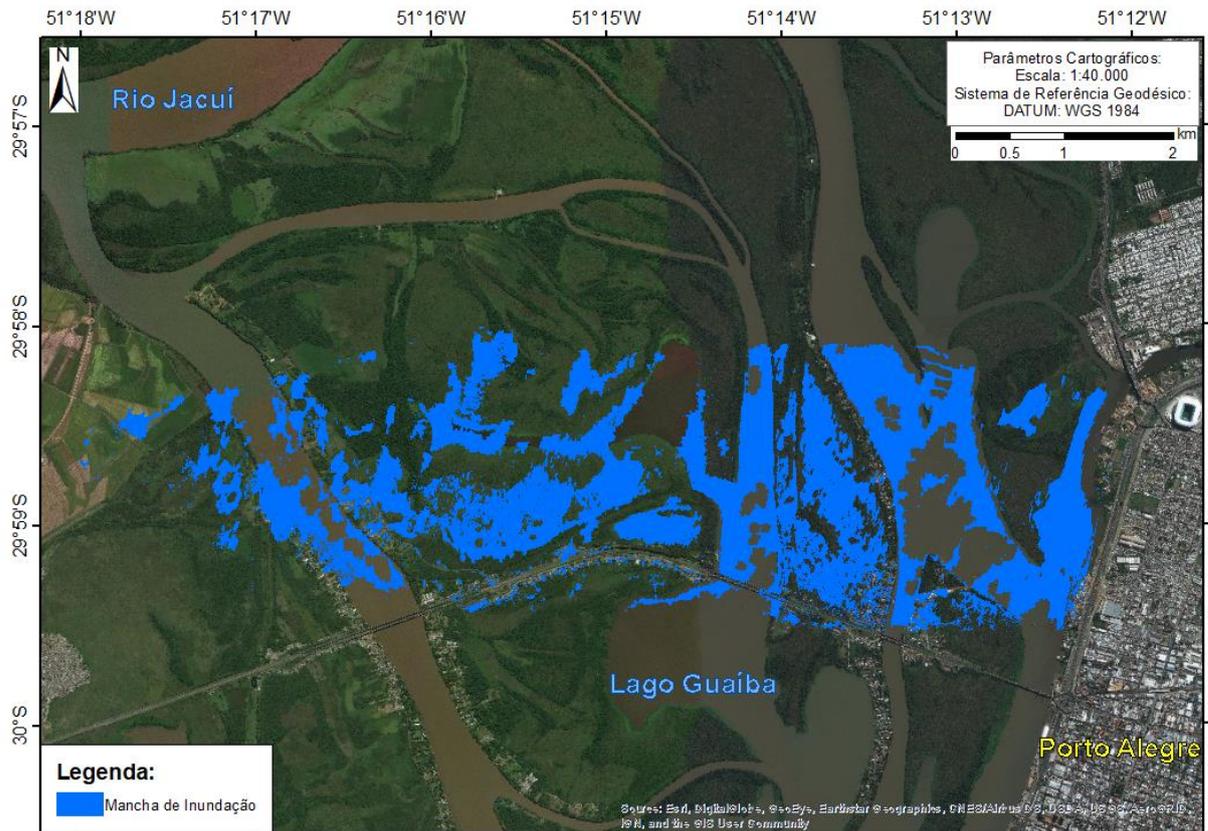


Figura 14. Mancha de inundação isolada a partir do modelo bidimensional construído através do vídeo (publicado em 20/10/2015) da região metropolitana de Porto Alegre.

Fonte: Própria autora.

No próximo subitem serão apresentados os resultados para o estudo de caso localizado no Condado de Wharton.

## 5.2 MANCHA DE INUNDAÇÃO NO CONDADO DE WHARTON

O modelo bidimensional gerado a partir das imagens sequenciais do vídeo do sobrevoo do drone no Condado de Wharton, apresentou uma área total de 1,66 km<sup>2</sup>. Este foi construído com 65 fotos sequenciais, cujo tamanho médio de 61,7 kbytes, extraídas do vídeo com um intervalo de 2 segundos até o tempo de 2 min e 27s de vídeo. Esse tempo foi determinado pois

há uma alteração brusca de sentido da filmagem. As seis primeiras imagens da sequência foram deletadas pois se trata apenas da filmagem de uma ponte, a qual não aparece mais no vídeo logo não haverá sobreposição, e também uma modificação súbita na inclinação da filmagem. Todos os fatos recém apresentados, se não alterados, piorariam o resultado. Um comparativo visual do local com o modelo bidimensional da inundação em questão é mostrado na Figura 15.

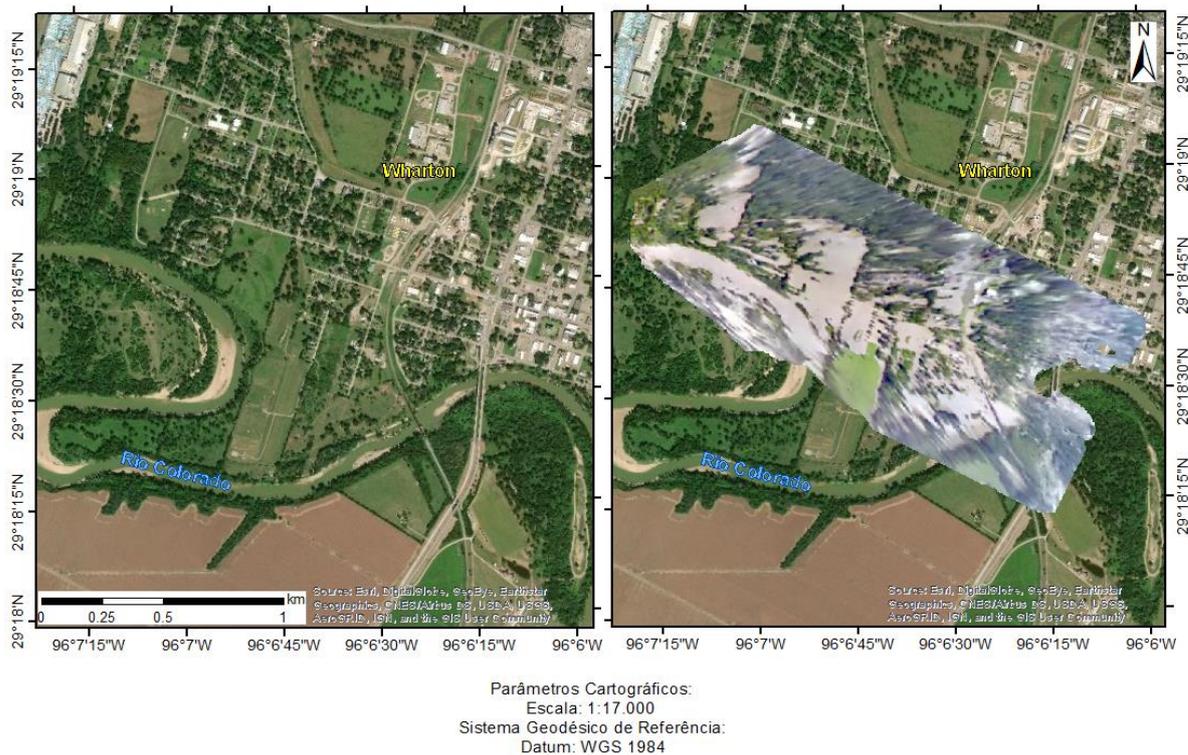


Figura 15. Comparativo visual do local com o modelo bidimensional gerada a partir da filmagem (publicada em 08/09/2017) da inundação no Condado de Wharton gerado pelo software Agisoft PhotoScan.

Fonte: Própria autora.

Visando o melhor resultado possível, foram testadas diferentes configurações do software Agisoft Photoscan para a geração do modelo apresentado, sendo assim, as opções utilizadas em cada etapa nesse processo foram:

- i) Alinhamento de fotos: Elevada (Precisão) e Desativado (Pré-seleção de pares);
- ii) Elaboração de nuvem densa de pontos: Ultra-elevado (Qualidade) e Desativado (Filtragem de profundidade);
- iii) Criação de malha: Arbitrária (Tipo de superfície), Nuvem densa de pontos (Dados de Origem), Alto (Contagem de faces) e Desativado (Interpolação).

- iv) Construção da textura do modelo: Ortofoto (Modo de mapeamento), Mosaico (Modo de combinação), 4096x1 (Contagem de textura).
- v) Construir o Ortomosaico: Projeção geográfica WGS84 / UTM zona 14N, com um pixel pré-calculado pelo programa de 0,833x0,833m<sup>2</sup>.

Esse modelo foi georreferenciado previamente com os pontos de controle cujas coordenadas são indicadas na Tabela 3, a partir do software Agisoft Photoscan, é apresentado detalhadamente na Figura 16.

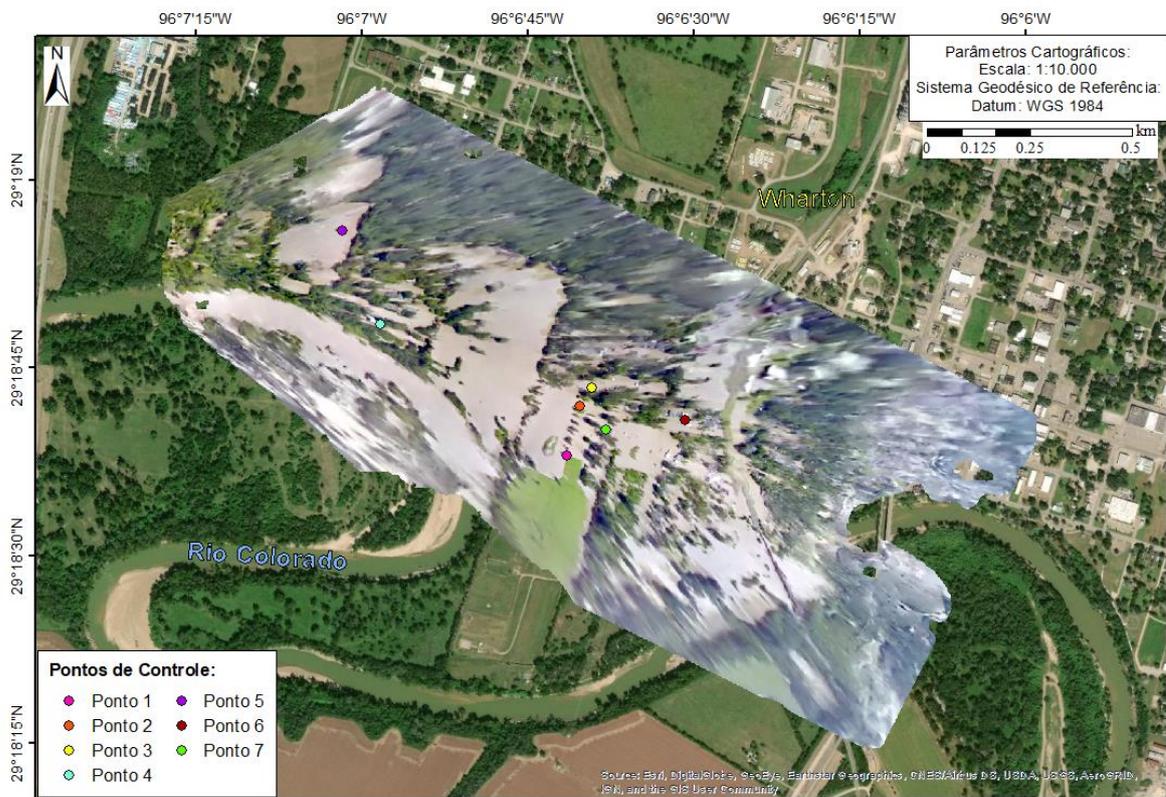


Figura 16. Modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (publicado em 08/09/2017) da inundação no Condado de Wharton previamente georreferenciado com os pontos de controle escolhidos.

Fonte: Própria autora.

Tabela 3. Coordenadas dos pontos de controle utilizados para o georreferenciamento prévio do modelo bidimensional da inundação no Condado de Wharton no software Agisoft Photoscan.

Pontos	Longitude (m)	Latitude (m)
1	780536,16	3245816,62
2	780566,92	3245945,19
3	780592,67	3245991,32
4	780075,15	3246145,94
5	779981,52	3246378,35
6	780818,24	3245911,28
7	780626,47	3245886,65

Fonte: Própria autora.

O modelo não apresentou 100% de nitidez em sua textura mesmo a filmagem sendo de alta qualidade e haver um amplo sobrevoo da inundação, entretanto acredita-se que o drone situa-se em uma altitude relativamente alta e, por se tratar de uma área de interesse bastante extensa, perde-se os detalhes da mesma, além da pequena sobreposição de imagens nas bordas. Detalhes esses os quais auxiliam na composição da textura e nitidez dos modelos. A partir do modelo apresentado na Figura 16, também se notou um erro no georreferenciamento, desta vez de 8 metros, um pouco menor que o do caso anterior. Novamente a imprecisão do próprio georreferenciamento realizado pelo software Agisoft Photoscan, além da inconfiabilidade nas extremidades do modelo já explanada anteriormente. Sendo assim, também se realizou o pós-processamento no software ArcGIS obtendo uma maior precisão no georreferenciamento do modelo, visualizado na Figura 17, corrigindo para um erro de 5 metros nas áreas mais confiáveis (mais centrais) no produto total. Revelando que sempre é possível aprimorar o georreferenciamento do modelo e diminuir o erro encontrado.

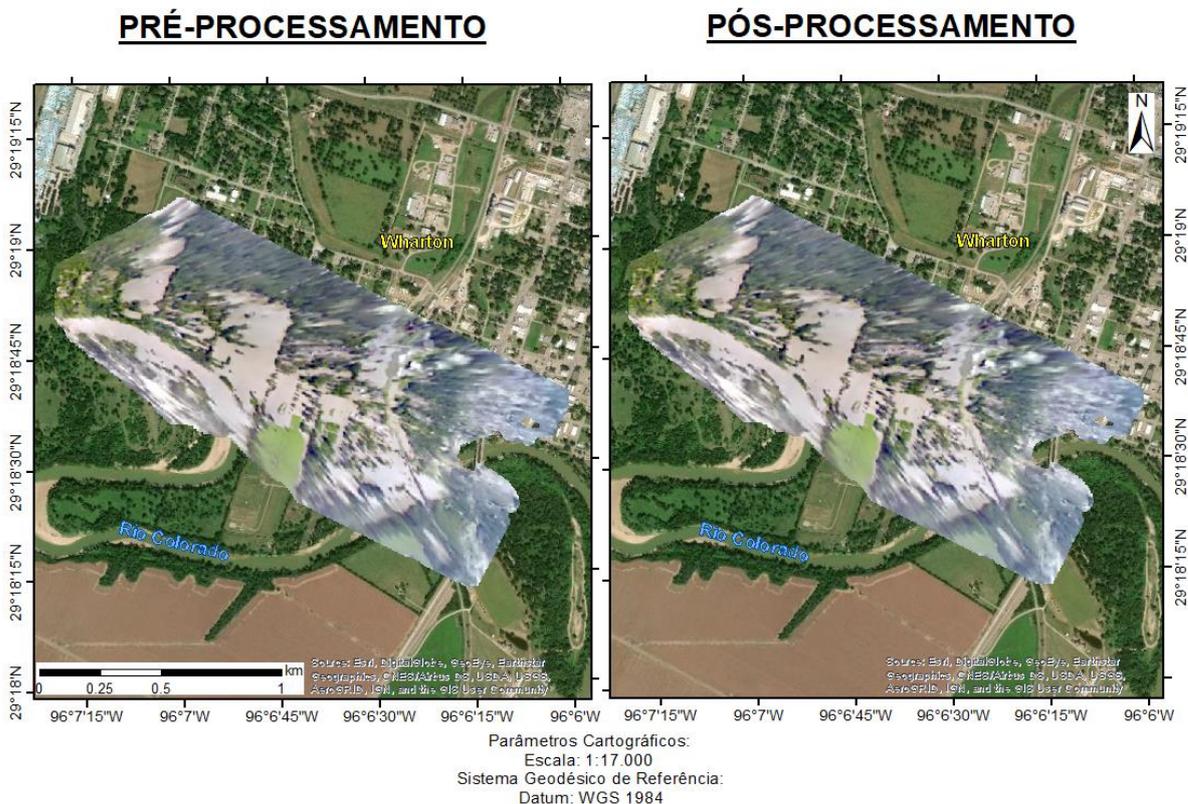


Figura 17. Comparação do modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (publicado em 08/09/2017) da inundação na cidade de Wharton antes e após o georreferenciamento realizado no software ArcGIS.

Fonte: Própria autora.

Então se classificou as áreas de inundação e de solo, isolando a mancha de inundação do modelo gerado e, calculou-se uma área inundada de 0,515 km<sup>2</sup> visualizada na coloração azul na Figura 18.

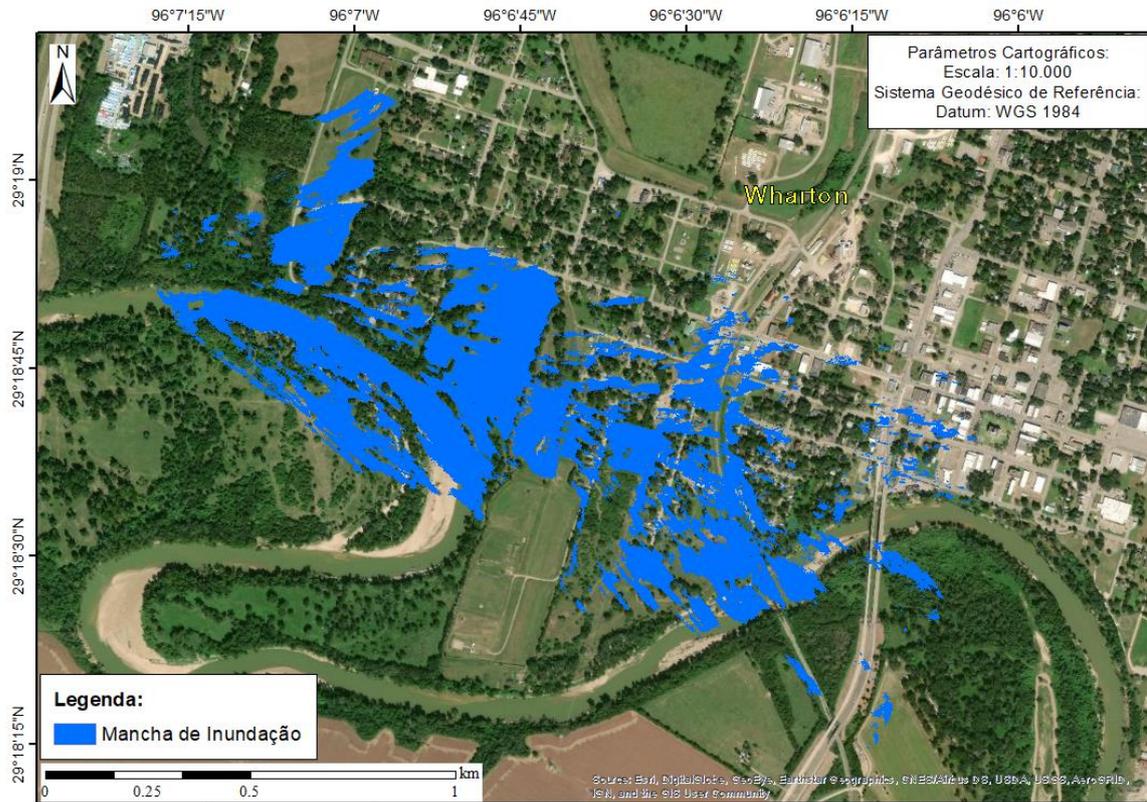


Figura 18. Mancha de inundação isolada a partir do modelo bidimensional construído através do vídeo (publicado em 08/09/2017) da inundação ocorrida da cidade de Wharton.  
Fonte: Própria autora.

No subitem a seguir serão apresentados os resultados para o estudo de caso localizado na cidade de Kapalong.

### 5.3 MANCHA DE INUNDAÇÃO NA CIDADE DE KAPALONG

O modelo bidimensional gerado a partir das imagens sequenciais do vídeo do sobrevoo do drone na cidade de Kapalong, apresentou uma área total de 0,136 km<sup>2</sup>. Este foi construído com 56 fotos sequenciais, com tamanho médio de 212,5 kbytes, extraídas do vídeo com um intervalo de 1 segundo. As cinco primeiras imagens da sequência foram deletadas pois a filmagem permanece estática e apenas os automóveis se movimentam, fato este que acarretaria

na piora do resultado. Um comparativo visual do local com o modelo bidimensional da inundação em questão é mostrado na Figura 19.

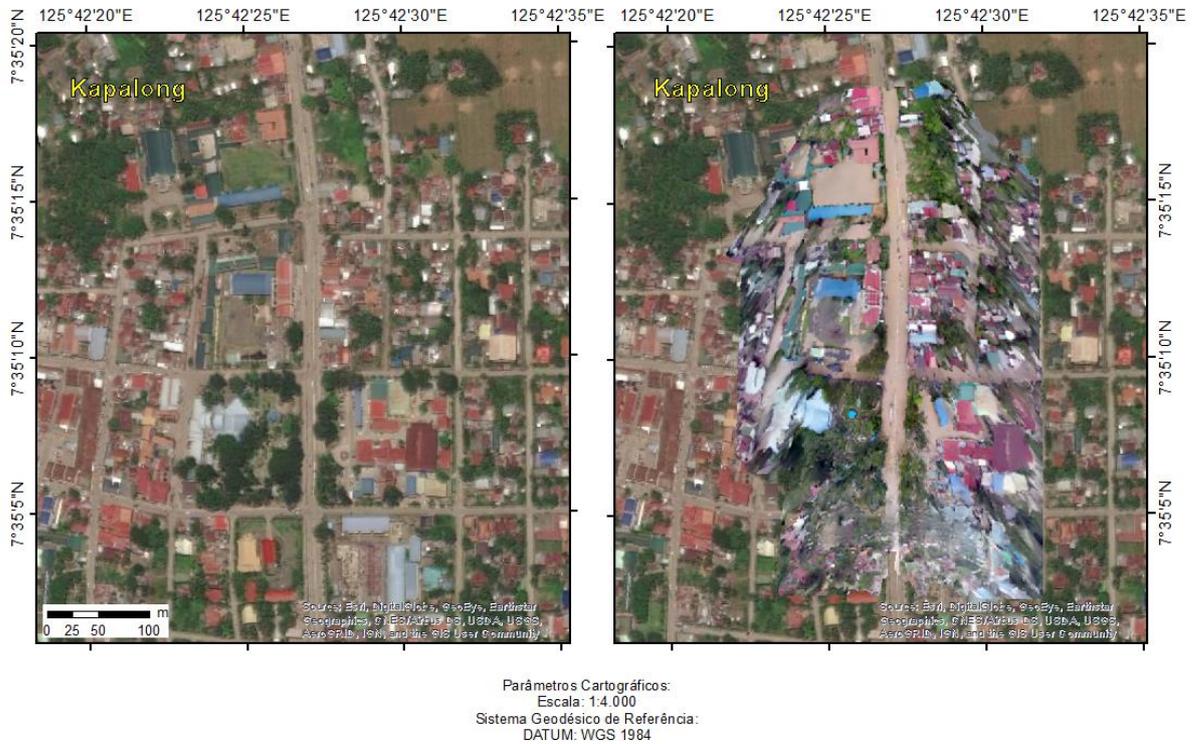


Figura 19. Comparativo visual do local com o modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (filmado em 23/12/2017) da inundação na cidade de Kapalong gerado pelo software Agisoft PhotoScan.

Fonte: Própria autora.

Visando o melhor resultado possível, foram testadas diferentes configurações do software Agisoft Photoscan para a geração do modelo apresentado, sendo assim, as opções utilizadas em cada etapa nesse processo foram:

- i) Alinhamento de fotos: Elevada (Precisão) e Desativado (Pré-seleção de pares);
- ii) Elaboração de nuvem densa de pontos: Ultra-elevado (Qualidade) e Desativado (Filtragem de profundidade);
- iii) Criação de malha: Arbitrária (Tipo de superfície), Nuvem densa de pontos (Dados de Origem), Alto (Contagem de faces) e Desativado (Interpolação).
- iv) Construção da textura do modelo: Ortofoto (Modo de mapeamento), Mosaico (Modo de combinação), 4096x1 (Contagem de textura).
- v) Construir o Ortomosaico: Projeção geográfica WGS84 / UTM zona 51N, com um pixel pré-calculado pelo programa de 0,1798x0,1749m<sup>2</sup>.

Esse modelo foi georreferenciado previamente com os pontos de controle mostrados na Tabela 4, a partir do software Agisoft Photoscan é apresentado na Figura 20.



Figura 20. Modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (filmado em 23/12/2017) da inundação na cidade de Kapalong previamente georreferenciado com os pontos de controle escolhidos.

Fonte: Própria autora.

Tabela 4. Coordenadas dos pontos de controle utilizados para o georreferenciamento prévio do modelo bidimensional da inundação na cidade de Kapalong no software Agisoft Photoscan.

Pontos	Longitude (m)	Latitude (m)
1	798732,67	839398,00
2	798813,85	839373,23
3	798751,54	839527,78
4	798779,96	839497,58
5	798800,54	839622,37
6	798749,58	839667,52
7	798681,32	839640,99

Fonte: Própria autora.

Assim como nos demais casos, a partir do modelo apresentado na Figura 20, notou-se um erro no georreferenciamento de 5,2 metros. Acredita-se que este se deve a movimentação dos automóveis, divergindo suas localizações nas imagens sequenciais utilizadas, e novamente a imprecisão do próprio georreferenciamento realizado pelo software Agisoft Photoscan. Sendo assim, também se realizou o pós-processamento no software ArcGIS obtendo uma maior

precisão no georreferenciamento do modelo, visualizado na Figura 21, corrigindo para um erro em torno de 3 metros na área mais confiável, a rua principal visualizada na vertical.

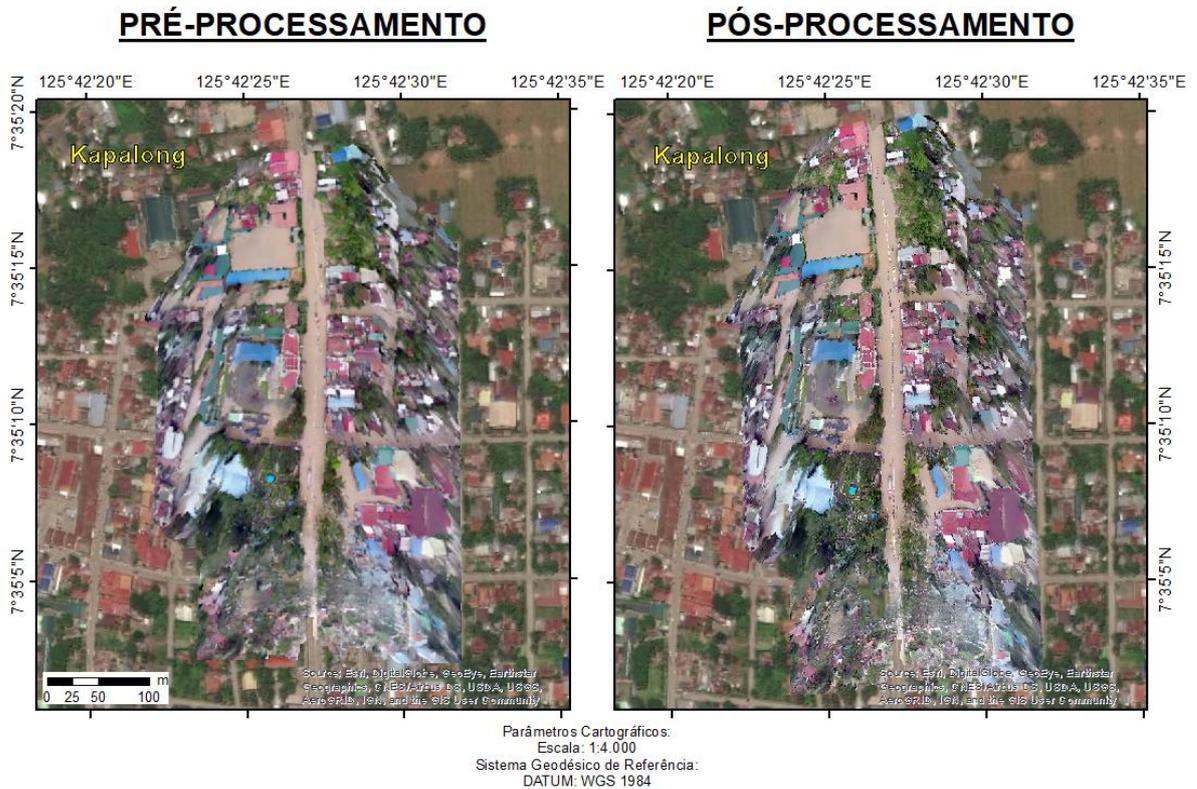


Figura 21. Comparação do modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (filmado em 23/12/2017) da inundação na cidade de Kapalong antes e após o georreferenciamento realizado no software ArcGIS.  
Fonte: Própria autora.

Finalmente se classificou as áreas de inundação e de solo, isolando a mancha de inundação do modelo gerado e, calculou-se uma área inundada de 0,018 km<sup>2</sup> visualizada na coloração azul na Figura 22.



Figura 22. Mancha de inundação isolada gerada a partir do modelo bidimensional construído através do vídeo (filmado em 23/12/2017) da inundação ocorrida na cidade de Kapalong.

Fonte: Própria autora.

Por se tratar de uma filmagem onde o local com maior enfoque é o alagamento presente na rua principal, os alagamentos nas ruas transversais não foram possíveis de se classificar devido a inconfiabilidade gerada pela modelagem nas extremidades do modelo, como já explicado. Assim, apesar de se tratar de um vídeo com alta qualidade na imagem, verificou-se também que a inclinação da filmagem, na diagonal, não afetou a modelagem, entretanto, na etapa de classificação da mancha de inundação, alguns locais onde eram alagamentos foram sombreados por árvores e vegetações e acabaram não sendo incluídos.

Os resultados para o último caso, localizado na cidade de Penrith, será apresentado no seguinte subitem.

## 5.4 MANCHA DE INUNDAÇÃO NA CIDADE DE PENRITH

Por fim, o último modelo bidimensional gerado baseado no vídeo da inundação ocorrida na cidade de Penrith apresentou uma área total de quase 0,35 km<sup>2</sup>. Esse foi construído com apenas 59 fotos, cujo tamanho médio de 254,2 kbytes, do frame de 222 imagens sequenciais extraídas do vídeo com um intervalo de 1 segundo. Neste caso, as imagens foram selecionadas pela autora seguindo alguns critérios: quando a paisagem filmada estava muito estática, foi selecionada uma foto a cada 4s (de 48s a 132s); já quando a paisagem tivesse alterações/movimentações notáveis, foi selecionada a cada 1s (de 132s a 174s). Sendo assim, as demais imagens excluíram foram: as imagens de 1s a 12s pois retrata o levantamento do drone do solo até a altura da filmagem, as imagens a partir do tempo 2min e 54seg pois há uma mudança abrupta na angulação do vídeo e as imagens de 12s a 48s pois a paisagem permanece estática. Ressalva-se também que as imagens tiveram de ser cortadas, pois além da presença do céu, ainda existe um logotipo no canto superior esquerdo, que poderiam convergir o modelo. Todos os critérios recém apresentados foram adotados para evitar a piora no resultado. Um comparativo visual do local com o modelo bidimensional da inundação em questão é mostrado na Figura 23.

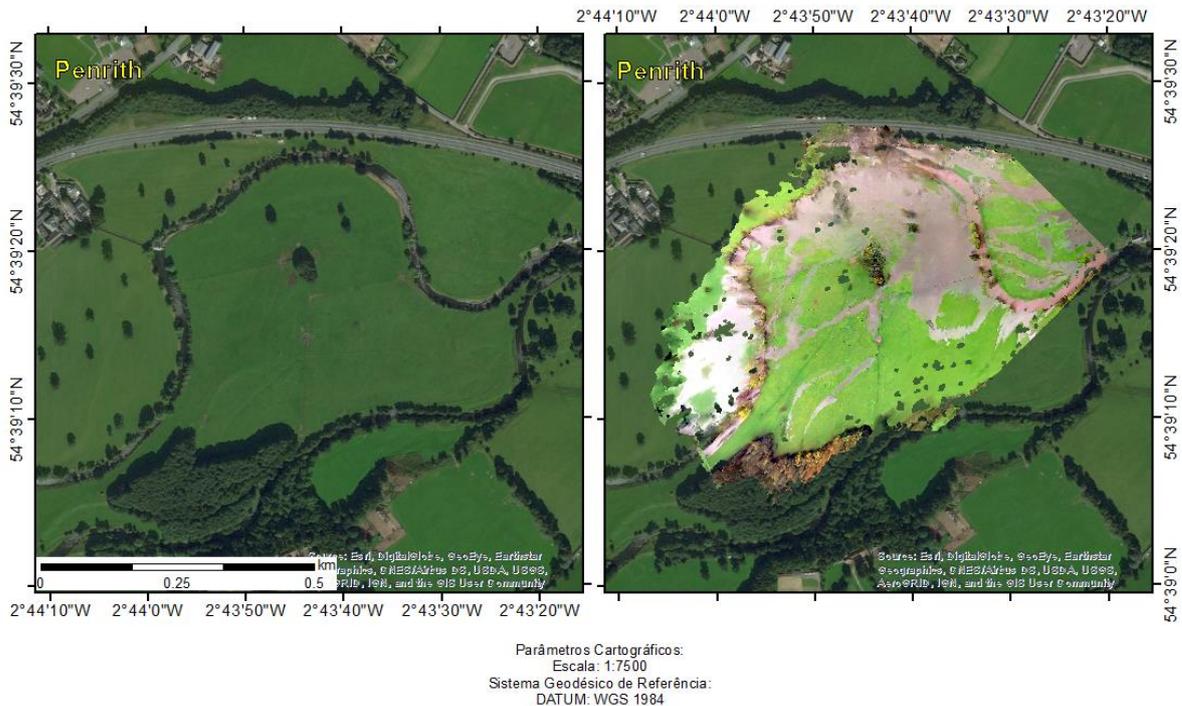


Figura 23. Comparativo visual do local com o modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (filmado em 14/10/2018) da inundação na cidade de Penrith gerado pelo software Agisoft PhotoScan.

Fonte: Própria autora.

Visando o melhor resultado possível, foram testadas diferentes configurações do software Agisoft Photoscan para a geração do modelo apresentado, sendo assim, as opções utilizadas em cada etapa nesse processo foram:

- i) Alinhamento de fotos: Elevada (Precisão) e Desativado (Pré-seleção de pares);
- ii) Elaboração de nuvem densa de pontos: Ultra-elevado (Qualidade) e Desativado (Filtragem de profundidade);
- iii) Criação de malha: Arbitrária (Tipo de superfície), Nuvem densa de pontos (Dados de Origem), Alto (Contagem de faces) e Desativado (Interpolação).
- iv) Construção da textura do modelo: Ortofoto (Modo de mapeamento), Mosaico (Modo de combinação), 4096x1 (Contagem de textura).
- v) Construir o Ortomosaico: Projeção geográfica WGS84 / UTM zona 51N, com um pixel pré-calculado pelo programa de 0,1798x0,1749m<sup>2</sup>.

Esse modelo foi georreferenciado previamente com os pontos de controle mostrados na Tabela 5, a partir do software Agisoft Photoscan é apresentado na Figura 24.

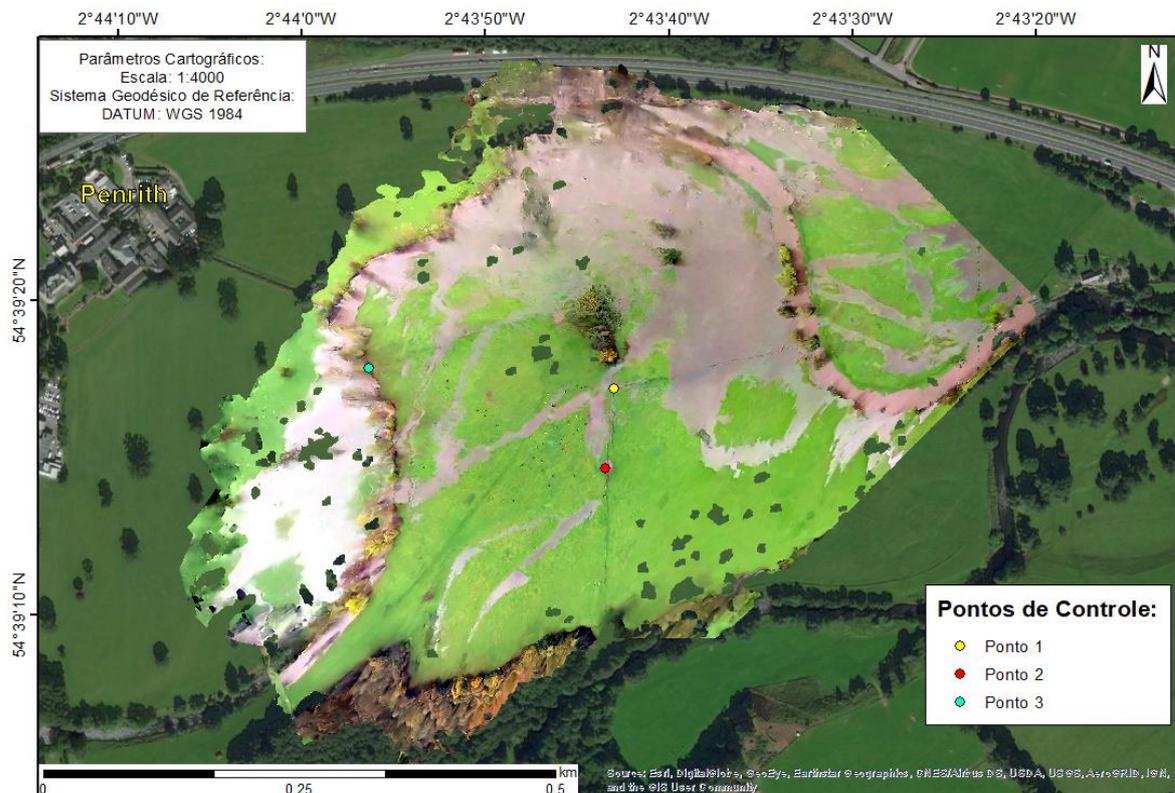


Figura 24. Modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (filmado em 14/10/2018) da inundação na cidade de Penrith previamente georreferenciado com os pontos de controle escolhidos.

Fonte: Própria autora.

Tabela 5. Coordenadas dos pontos de controle utilizados para o georreferenciamento prévio do modelo bidimensional da inundação na cidade de Penrith no software Agisoft Photoscan.

Pontos	Longitude (m)	Latitude (m)
1	517502,00	6056408,00
2	517499,12	6056329,35
3	517268,04	6056428,43

Fonte: Própria autora.

A partir do modelo apresentado na Figura 24, notou-se um erro pequeno no georreferenciamento, menor de todos os modelos, de 1,3 metros. Apesar de ser um erro pequeno, ainda foi possível melhorar ainda mais a precisão do modelo com o pós-processamento no software ArcGIS, corrigindo para um erro de 0,5 metro nas áreas mais confiáveis (mais centrais) do modelo, sendo visualizado na Figura 25. Ressalva-se que foi alcançado um erro de georreferenciamento bem baixo visto a área modelada, ainda que os pontos de controle utilizados tenham sido árvores e marcas características do solo.

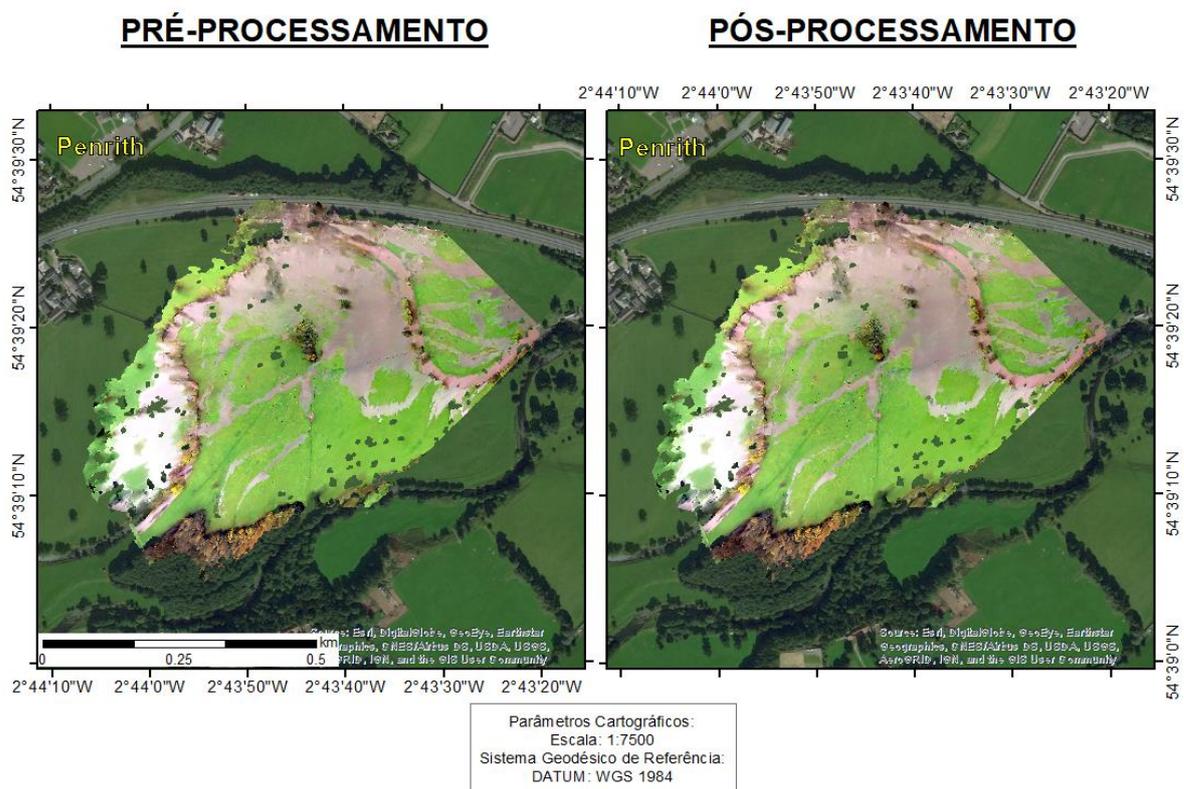


Figura 25. Comparação do modelo bidimensional gerado a partir do vídeo (filmado em 14/10/2018) da inundação na cidade de Penrith antes e após o georreferenciamento realizado no software ArcGIS.

Fonte: Própria autora.

Enfim se classificou as áreas de inundação e de solo, isolando a mancha de inundação do modelo gerado e, calculou-se uma área inundada de 0,133 km<sup>2</sup> visualizada na coloração azul na Figura 26.

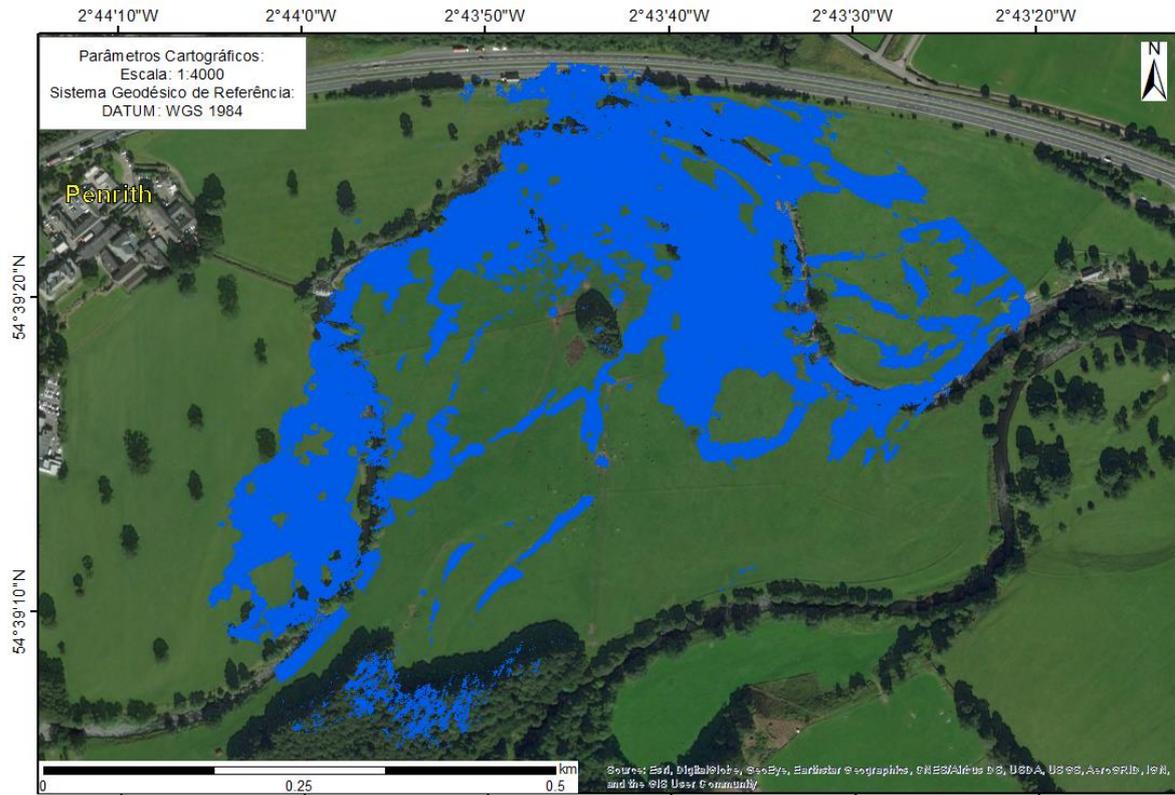


Figura 26. Mancha de inundação isolada a partir do modelo bidimensional construído através do vídeo (filmado em 14/10/2018) da inundação ocorrida da cidade de Penrith.

Fonte: Própria autora.

## 6 CONCLUSÕES

Como já abordado anteriormente, eventos extremos como inundações, ainda muito recorrentes no mundo, causam prejuízos econômicos e sociais incomensuráveis. Tão logo, esses desastres hidrológicos devem impreterivelmente serem estudados e monitorados. Entretanto, as metodologias encontradas para a realização desses estudos e monitoramentos, na literatura, por vezes enfrentam limitações. Podendo exemplificar as medidas mitigatórias as quais são extremamente custosas, ou então as medidas preventivas que dispendem de custo temporal ou de dados hidrológicos prévios, por vezes inexistentes ou difíceis de adquirir. Diante disso, é notória a necessidade de novas possibilidades para a obtenção de informações hidrológicas que auxiliem nesse cenário.

Isto posto, o presente trabalho teve como objetivo propor e avaliar uma metodologia alternativa para a obtenção de dados de relevância hidrológica, como uma mancha de inundação, a partir de vídeos hospedados em plataformas online de compartilhamento de vídeos. A proposta apresentada foi desenvolvida diante do estudo de quatro vídeos de inundações filmados de equipamentos, angulações, direções e locais variados, além de serem hospedados em plataformas distintas (Youtube e DailyMotion).

Os resultados mostraram a viabilidade da aplicação da metodologia. Foram geradas quatro manchas de inundações a partir de imagens extraídas de vídeos aéreos, filmados sem o menor controle e sem este objetivo. A avaliação não só dos resultados, mas também do processo aplicado permitiu concluir, para as áreas estudadas, que:

- A qualidade dos vídeos não se fez tão influente na definição da extensão das áreas inundadas obtidas. Em contrapartida, a abrangência da área filmada mostrou-se de suma importância para o tamanho da área modelada.
- O pós-processamento realizado, a partir do software ArcGIS, revelou-se extremamente necessário para a precisão do georreferenciamento dos modelos, visto que os erros de localização foram praticamente diminuídos pela metade.
- Enfatiza-se a confiabilidade nas extremidades, tanto no modelo bidimensional quanto na mancha de inundação gerada a partir do mesmo, devido a falta de sobreposição de imagens.
- O parâmetro de inclinação durante as filmagens não afetou a construção dos modelos, o que já era esperado pois o software Agisoft PhotoScan se baseia no algoritmo SIFT, que

desconsidera este parâmetro. Entretanto, deparou-se com dificuldades na classificação, realizada no software ArcGIS, da mancha de inundação ocasionadas por esse mesmo parâmetro, pois a angulação dos vídeos gerou um sombreamento em locais que seriam incluídos nas manchas de inundação. Portanto, esse parâmetro mostrou-se limitante apenas para a geração das manchas de inundação quando filmagem não fosse realizada na vertical, com angulação nula (zero).

– A metodologia só poderá ser aplicada para regiões em que existam vídeos aéreos (que retratem manchas de inundação) publicados em plataformas online de compartilhamento, e que estes vídeos sejam de forma sequencial, sem cortes ou variações abruptas na inclinação ou direção da filmagem, para que seja possível a sua modelagem.

– Apesar da geração de modelos tridimensionais construídos pelo software Agisoft Photoscan, destaca-se que, devido a qualidade das imagens obtidas pelos vídeos e a inexistência de dados de altimetria do equipamento durante a filmagem, o eixo vertical (Z) foi desconsiderado como consequência do erro apresentado. Logo, foram considerados modelos bidimensionais.

Quanto as limitações descritas, é importante ressaltar que a metodologia sugerida se insere no âmbito de busca de informações hidrológicas em todos os meios disponíveis que um hidrólogo dispõe. Isso significa que nem sempre determinada metodologia é 100% aplicada para todos os problemas enfrentados por engenheiros que trabalham com hidrologia devido a sua escala. Todavia, o método descrito foi aplicado com o intuito da obtenção de manchas de inundação, porém o mesmo poderia servir para mapeamentos de diversas ordens, desde que respeite a limitante de não conter movimentação relevante que modifique a localização de pontos nas imagens. Ainda se enfatiza que as manchas de inundação que foram constituídas poderão servir para a validação ou calibração de modelos hidráulicos e hidrodinâmicos que serão capazes futuramente de ser estabelecidos para a região de projeto.

Nos dias atuais, as plataformas de compartilhamento de vídeos já dispõem de muitas filmagens aéreas que se enquadram para a aplicação da metodologia aqui proposta. E como foi apresentado ao longo deste documento, espera-se que, futuramente, haverá uma intensificação destas publicações, tornando este trabalho cada vez mais relevante no âmbito da obtenção de dados hidrológicos a partir de uma nova ferramenta nunca antes consolidada como fonte de informações hidrológicas: as Plataformas de Compartilhamento de Vídeos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAPIOU, A.; HADJIMITSIS, D.G.; IOANNIDES, M.; THEMISTOCLEOUS, K. The methodology of documenting cultural heritage sites using photogrammetry, UAV, and 3D printing techniques: the case study of Asinou Church in Cyprus. **Third International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment**, Paphos, Cyprus, v. 9535, 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.1117/12.2195626>>. Acesso em: 25 de outubro de 2018.

AGISOFT. **Agisoft Photoscan User Manual**. Professional Edition, Version 1.2. 2016.

ALMEIDA, Fábio Chang de. “**O historiador e as fontes digitais: uma visão acerca da internet como fonte primária para pesquisas históricas**” – Revista do corpo Discente do Programa de Pós-Graduação de História da UFRGS, vol 3 nº 8 – 2011 Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/aedos/article/view/16776/11939>> Acesso em 08 de outubro de 2018.

ANDONE, Dakin; LUU, Chieu. Typhoon Tembin: Flash floods, landslides kill over 100. **CNN**, 24 december 2017. Disponível em: <<https://edition.cnn.com/2017/12/24/asia/philippines-tembin-vinta/index.html>>. Acesso em: 16 de novembro de 2018.

ANDRADE, Márcio A., Carlos R. de Mello e Samuel Beskow. **Simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica representativa dos Latossolos na região Alto Rio Grande, MG**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.17, n.1, p.69–76, 2013. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br>>. Acesso em: 29 de setembro.

BANDINI, Filippo et al. Unmanned aerial vehicle observations of water surface elevation and bathymetry in the cenotes and lagoons of the Yucatan Peninsula, Mexico. **Hydrogeology Journal**, p. 1-16, 2018. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-018-1755-9>>. Acesso em: 12 de agosto de 2018.

BBC. **Philippines Tropical Storm Tembin kills more than 180 on Mindanao**. 23 December 2017. Disponível em: < <https://www.bbc.com/news/world-asia-42464644>>. Acesso em: 17 de novembro de 2018.

BENDIG, Juliane; BOLTEN, Andreas; BARETH, Georg. UAV-based imaging for multi-temporal, very high Resolution Crop Surface Models to monitor Crop Growth Variability Monitoring des Pflanzenwachstums mit Hilfe multitemporaler und hoch auflösender Oberflächenmodelle von Getreidebeständen auf Basis von Bildern aus UAV-Befliegungen. **Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation**, v. 2013, n. 6, p. 551-562, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1127/1432-8364/2013/0200>>. Acesso em: 23 de outubro de 2018.

BLAKE, Eric S.; ZELINSKY, David A.. **National Hurricane Center Tropical Cyclone Report: Hurricane Harvey: 17 August – 1 September 2017**. 9 maio 2018. Disponível em:

[https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL092017\\_Harvey.pdf](https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL092017_Harvey.pdf). Acesso em: 10 de novembro de 2018.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Estações Hidrológicas**. [2007]. Disponível em: <<https://www.cemaden.gov.br/estacoes-hidrologicas/>>. Acesso em: 02 de setembro de 2018.

BROSE, M. E. Universidade Federal do Estado de Santa Catarina (UNISC). **PAC Prevenção – Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais**. 13 de Abril de 2017. Disponível em: <https://www.unisc.br/sites/mudancaclima/2017/04/13/plano-nacional-de-gestao-de-riscos-e-resposta-a-desastres-naturais-pelo-ministerio-das-cidades/>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.

BURNS, J. H. R. *et al.*. Integrating structure-from-motion photogrammetry with geospatial software as a novel technique for quantifying 3D ecological characteristics of coral reefs. **PeerJ**, v. 3, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.7717/peerj.1077>>. Acesso em: 20 de outubro de 2018.

CAETANO, Saulo Vicente Nunes; FALKEMBACH, Gilse Antoninha Morgental. YOU TUBE: uma opção para uso do vídeo na EAD. **Renote**, v. 5, n. 1, 2007. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/renote/article/viewFile/14149/8084>>. Acesso em: 10 de outubro 2018.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de; **Glossário De Defesa Civil Estudos De Riscos E Medicina De Desastres**. Ministério Do Planejamento E Orçamento Secretaria Especial De Políticas Regionais Departamento De Defesa Civil; Brasília, 1998. p. 96 Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/GLOSSARIO-Diccionario-Defesa-Civil.pdf>> Acesso em: 14 de setembro de 2018.

CHEUNG, Warren; HAMARNEH, Ghassan. N-sift: N-dimensional scale invariant feature transform for matching medical images. In: **Biomedical Imaging: From Nano to Macro, 2007. ISBI 2007. 4th IEEE International Symposium on**. IEEE, 2007. p. 720-723. Disponível em: < DOI: 10.1109/ISBI.2007.356953> Acesso em: 18 de novembro de 2018.

CISCO VISUAL NETWORKING INDEX: Forecast and Methodology, 2016–2021. 2018. Disponível em: <[https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.html?CAMPAIGN=VNI%202016&COUNTRY\\_SITE=us&POSITION=Press%20Release&REFERRING\\_SITE=Cisco%20page&CREATIVE=PR%20to%20VNI%20White%20Paper#\\_Toc484813989](https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.html?CAMPAIGN=VNI%202016&COUNTRY_SITE=us&POSITION=Press%20Release&REFERRING_SITE=Cisco%20page&CREATIVE=PR%20to%20VNI%20White%20Paper#_Toc484813989)> Acessado em: 14 de outubro de 2018.

CITY COUNCIL OF WHARTON. **Planning & Capacity Studies 2018-2028**. v. I. Austin, Texas: GrantWorks, October, 2018. Disponível em: <<http://www.cityofwharton.com/page/open/790/0/MASTER%20TEXT.pdf>>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.

CITY POPULATION. **Penrith, in Cumbria (North West England)**. Disponível em: <<http://www.citypopulation.de/php/uk-england-northwestengland.php?cityid=E34000039>>. Acesso em: 23 de novembro de 2018.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Curso de Capacitação de Técnicos Municipais para Prevenção e Gerenciamento de Riscos de Desastres Naturais. Vitória/ES. 2004. Disponível em: <<https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Capacitacao/Material%20Did%C3%A1tico/CBPRG%20-%202017/Processos%20Hidrol%C3%B3gicos%20-%20%20Inunda%C3%A7%C3%B5es,%20Enchentes,%20Enxurradas%20e%20Alagamentos%20na%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20C3%81reas%20de%20Risco.pdf>>

CRED – Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. **Natural Disasters 2017**. Brussels: CRED, 2018. Disponível em: <[https://cred.be/sites/default/files/adsr\\_2017.pdf](https://cred.be/sites/default/files/adsr_2017.pdf)>. Acesso em: 28 de setembro de 2018.

DAILYMOTION. **Drone Footage Shows Flooding on Mindanao From Tropical Storm Vinta**. 23 december 2017. Disponível em: <<https://www.dailymotion.com/video/x6c43pp>>. Acesso em: 23 de novembro de 2018.

DAILYMOTION. **Drone footage shows flooding in Cumbria, UK**. October 2018. Disponível em: <<https://www.dailymotion.com/video/x6vfijm>>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.

DALLACOSTA, Adriana. **Possibilidades educacionais do uso de vídeos anotados no youtube**. Rio de Janeiro - RJ - Abril 2004. Disponível em: <<http://www.ensino.eb.br/portaledu/conteudo/artigo9513.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

FAGUNDES, Manuella Anaís Rodrigues. **Geração de base cartográfica tridimensional com o uso de veículo aéreo não tripulado (VANT)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Cartográfica) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. 126 f. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/151440>>. Acesso em: 20 de outubro de 2018.

FENG, Q., LIU, J. E GONG, J. Urban Flood Mapping Based on Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing and Random Forest Classifier - A Case of Yuyao, China. **Water**, 7 (12), 1437-1455. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/w7041437>> Acesso em: 18 de agosto de 2018.

FENG, Q., LIU, J. E GONG, J. UAV Remote Sensing for Urban Vegetation Mapping Using Random Forest and Texture Analysis. **Remote Sens.** 2015, 7(1), 1074-1094; Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/rs70101074>>. Acesso em: 25 de setembro de 2018.

FEMA – FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. **About the Agency**. 2018a. Disponível em: <<https://www.fema.gov/about-agency>>. Acesso em: 11 de novembro de 2018.

FEMA – FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. **View Your Community's Preliminary Flood Hazard Data**. 2018b. Disponível em: <<https://www.fema.gov/view-your-community-preliminary-flood-hazard-data>>. Acesso em: 11 de novembro de 2018.

FURTADO, Teresa. **O que é Metacafé?** TechTudo. 08 de Novembro de 2012. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/05/o-que-e-metacafe.html>> Acesso em: 02 de outubro de 2018.

G1 RS. **Sobe para 53 cidades e 25 mil pessoas atingidas pela chuva no RS**. 12 de Out. de 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2015/10/sobe-para-53-cidades-e-25-mil-pessoas-atingidas-pela-chuva-no-rs.html>> Acesso em: 08 de novembro de 2018.

GARRAFIEL, Gabrielle Fernandes. **Mapeamento de inundações urbanas a partir de imagens de radar de abertura sintética do programa Sentinel-1**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. 87f. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/179936>>. Acesso em: 08 de agosto de 2018

GOERL, ROBERTO FABRIS; MICHEL, GEAN PAULO; KOBAYAMA, MASATO. Mapeamento de áreas susceptíveis a inundações com o Modelo HAND e análise do seu desempenho em diferentes resoluções espaciais. Revista brasileira de cartografia. Vol. 69, n. 1, p. 61-69, 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/184079>> Acesso em: 02 de agosto de 2019

GONZATTO, M. **Cheia atinge 2 mil pessoas nas ilhas de Porto Alegre**. Gaúcha ZH. 11 de Out. de 2015. Disponível em: <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2015/10/cheia-atinge-2-mil-pessoas-nas-ilhas-de-porto-alegre-4875129.html>>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.

GUHA-SAPIR, D.; BELOW, R.; HOYOIS, PH. **Annual Disaster Statistical Review 2014: the numbers and trends**. Brussels (Belgium): CRED, 2015. Disponível em: <[http://cred.be/sites/default/files/ADSR\\_2014.pdf](http://cred.be/sites/default/files/ADSR_2014.pdf)>. Acesso em: 29 de setembro de 2018.

GUTRO, Rob. **Tembin (Northwestern Pacific)**. NASA's Goddard Space Flight Center, 26 Dez. 2017. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/tembin-northwestern-pacific>>. Acesso em: 13 de novembro de 2018.

HOFFMANN, H. et al. Estimating evapotranspiration with thermal UAV data and two source energy balance models. **Hydrology & Earth System Sciences Discussions**, v. 12, n. 8, 2015. Disponível em: <<https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/20/697/2016/hess-20-697-2016.html>>. Acesso em: 12 de agosto de 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <[https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse\\_tab\\_rm\\_zip.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse_tab_rm_zip.shtm)> Acesso em: 07 de novembro de 2018.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. Trad 2 ed. Parêntese. 2009

JOSHUA, Andrew. **Enchente 2015 ... sul do Brasil**. 20 out. 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=tr16z7OwllE&t=79s>>. Acesso em: 07 de novembro de 2018.

KOBIYAMA, Masato *et al.* **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. Disponível em: <[http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Livro%20\(Prevencao%20de%20Desastres%20Naturais\).pdf](http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Livro%20(Prevencao%20de%20Desastres%20Naturais).pdf)>. Acesso em: 25 de agosto de 2018.

KTVU. **Hurricane Harvey flooding drone vídeo**. 7 set. 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=cfyXRRpVqu4&feature=youtu.be>>. Acesso em: 05 de novembro de 2018.

LE BOURSICAUD, Raphael Le; PÉNARD, Lionel; HAUET, Alexandre; THOLLET, Fabien; LE COZ, Jérôme. Gauging extreme floods on YouTube: application of LSPIV to home movies for the post-event determination of stream discharges: Application of LSPIV to Flood Home Movies. **Hydrological Processes** **30**. Maio de 2015. Disponível em: < DOI: 10.1002/hyp.10532>. Acesso em: 12 de outubro de 2018.

LI, Q.; WANG, G.; LIU, J.; CHEN, S.. Robust Scale-Invariant Feature Matching for Remote Sensing Image Registration. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 6, n. 2, p. 287-291, April 2009. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4770193>>. Acesso em: 23 de outubro de 2018.

LOPES, Vitória Ache Rocha *et al.* A first integrated modelling of a river-lagoon large-scale hydrological system for forecasting purposes. **Journal of Hydrology**, v. 565, p. 177-196, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169418306073>>. Acesso em: 02 de agosto de 2018

LOWE, David G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. **International journal of computer vision**, v. 60, n. 2, p. 91-110, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94>>. Acesso em: 16 de outubro de 2018

MATTAR, João. **YouTube na educação: o uso de vídeos em EaD**. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2009. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/ciencias/viali/recursos/online/vlogs/YouTube.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

MERTES, Leal AK. Remote sensing of riverine landscapes. **Freshwater biology**, v. 47, n. 4, p. 799-816, 2002. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-2427.2002.00909.x>>. Acesso em: 07 de agosto de 2018.

MET OFFICE. **What are the National Severe Weather Warning Service Impact tables?**. 21 December, 2017. Disponível em: < <https://www.metoffice.gov.uk/guide/weather/severe-weather-advice>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2018.

MET OFFICE. **Storm Callum**: the third storm of the 18/19 season has been named. 10 October, 2018a. Disponível em: <<https://www.metoffice.gov.uk/news/releases/2018/storm-callum>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2018.

MET OFFICE. **October 2018**: the averaging period used for the following assessment was 1981-2010. 2 November, 2018b. Disponível em: < <https://www.metoffice.gov.uk/climate/uk/summaries/2018/october>>. Acesso em: 07 de Agosto de 2018

MICHELSEN A N.; DIRKSB, H.; SCHULZC, S.; KEMPEA, S.; AL-SAUDD, M.; SCHÜTHA, C. YouTube as a crowd-generated water level archive. **Science of The Total Environment**, v. 568, p. 189-195, 2016. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.211>>. Acesso em: 12 de outubro de 2018.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)**. Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil. 2012. Disponível em: <[http://www.integracao.gov.br/documents/3958478/0/Anexo+V+-+Cobrade\\_com+simbologia.pdf/d7d8bb0b-07f3-4572-a6ca-738daa95feb0](http://www.integracao.gov.br/documents/3958478/0/Anexo+V+-+Cobrade_com+simbologia.pdf/d7d8bb0b-07f3-4572-a6ca-738daa95feb0)> Acesso em: 28 de agosto de 2018.

MONI SILVA, A.P. **Elaboração de Manchas de Inundação para o Município de Itajubá, utilizando SIG**. UNIFEI. Engenharia de Energia. 2006. Dissertação de mestrado (Engenharia da Energia), Universidade Federal de Itajuba, 2006. Disponível em: 07 de agosto de 2018.

MULLER, Etienne; DÉCAMPS, Henri; DOBSON, MICHAEL K. Contribution of space remote sensing to river studies. **Freshwater Biology**, v. 29, n. 2, p. 301-312, 1993. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2427.1993.tb00766.x>>. Acesso em: 07 de Agosto de 2018

NATIONAL STATISTICS OFFICE. Census of Population and Housing: Compostela Valley. 2010. Disponível em: <<https://psa.gov.ph/sites/default/files/attachments/hsd/pressrelease/Davao.pdf>>. Acesso em: 11 de novembro de 2018.

NDRRMC – National Disaster Risk Reduction and Management Council. Republic of The Philippines. **SiteRep N° 26 re Preparedness Measures and Effects of Typhoon “Vinta”**. 11 February 2018. Disponível em: < [http://ndrrmc.gov.ph/attachments/article/3264/SitRep\\_No\\_26\\_re\\_Preparedness\\_Measures\\_and\\_Effects\\_of\\_Typhoon\\_VINTA\\_as\\_of\\_11FEB2018\\_0800H.pdf](http://ndrrmc.gov.ph/attachments/article/3264/SitRep_No_26_re_Preparedness_Measures_and_Effects_of_Typhoon_VINTA_as_of_11FEB2018_0800H.pdf)>. Acesso em: 17 de novembro de 2018.

NEALE, R. **In small town, Harvey ‘just a catastrophic citywide event’**. USA Today. 2 de Set. de 2017. Disponível em USA Today: <https://www.usatoday.com/story/news/nation-now/2017/09/02/small-town-harvey-catastrophic-event/629156001/>), Acesso em 06 de novembro de 2018.

NIEBLES, J.C., WANG, H. E FEI-FEI, L. Unsupervised Learning of Human Action Categories Using Spatial-Temporal Words. *Int J Comput Vis*, 2008. 79-299. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11263-007-0122-4>> Acesso em 14 de outubro de 2018.

PAGASA – Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration. **Products and Services**. 2018. Disponível em: < <http://bagong.pagasa.dost.gov.ph/products-and-services> >. Acesso em: 21 de novembro de 2018.

PAIXÃO, Maurício Andrades *et al.* Lições sobre o gerenciamento de desastres hidrológicos obtidas a partir da ocorrência em Rolante/RS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. especial, p. 251-267, jun. 2018. Disponível em: <[http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/6541](http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6541)>. Acesso em: 27 de setembro de 2018

PONTES, Paulo Rógenes Monteiro *et al.* MGB-IPH model for hydrological and hydraulic simulation of large floodplain river systems coupled with open source GIS. **Environmental Modelling & Software**, v. 94, p. 1-20, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136481521630189X>>. Acesso em: 02 de agosto de 2018

PORTAL HIDROWEB. **Apresentação**. 2018. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>. Acesso em:

PORTO ALEGRE, Prefeitura de. **Sistema Metroclima**. 2018. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/ceic/default.php?p\\_secao=28](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/ceic/default.php?p_secao=28)>. Acesso em: 06 de novembro de 2018.

PORTO ALEGRE, Prefeitura de. **Especial - Guaíba atinge marca histórica e cheia cederá. Obtido de Centro Integrado de Comando (CIC)**. 13 de Out. de 2015. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/ceic/default.php?reg=1173&p\\_secao=4](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/ceic/default.php?reg=1173&p_secao=4)> Acesso em: 06 de novembro de 2018.

SCHOENAU, Luciana Silveira Flores e SCHOENAU, William. **Produção de vídeo-aulas como ferramenta de aprendizagem para a disciplina de anatomia animal**. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)*, V. 12, N. 12, JUL., 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/223611708193>> Acesso em: 13 de outubro de 2018.

SE, S.; LOWE, D.; LITTLE, J. Local and global localization for mobile robots using visual landmarks, **IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robotics and Systems**. April 2001. Disponível em: < <https://doi.org/10.1109/IROS.2001.973392>>. Acesso em: 14 de outubro de 2018.

SMMA/Rio Grande. Prefeitura Municipal de Rio Grande. Plano Municipal de Saneamento Básico. 2013. Disponível em: <<http://www.riogrande.rs.gov.br/planosaneamento/index.php/pagina-inicial>>. Acesso em: 29 de setembro de 2018.

SONA, Giovanna *et al.* Experimental analysis of different software packages for orientation and digital surface modelling from UAV images. **Earth Science Informatics**, v. 7, n. 2, p. 97-107, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12145-013-0142-2>>. Acesso em: 10 out. 2018.

SPECKHANN, G. A. et al. Flood hazard mapping in Southern Brazil: a combination of flow frequency analysis and the HAND model. **Hydrological Sciences Journal**, v.22, e48, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/02626667.2017.1409896>> Acesso em: 19 de Agosto de 2018.

SUL21. **População se mobiliza para ajudar atingidos por enchente em Porto Alegre.** Sul21. 13 de Out. de 2015. Disponível em: <<https://www.sul21.com.br/cidades/2015/10/populacao-se-mobiliza-para-ajudar-atingidos-por-enchente-em-porto-alegre/>> Acesso em: 06 de novembro de 2018.

TAURO, F. et al. Flow monitoring with a camera: A case study on a flood event in the Tiber River. **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, n. 2, p. 118, 2016. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-015-5082-5>>. Acesso em: 12 de agosto de 2018

TAYLOR, Karl. **Thacka Beck Esquema de Alívio de Inundações, Penrith, Cumbria-Levantamento Medido de Colapsos.** Relatório de Projeto. OA Norte. 2010. Disponível em: <<https://library.thehumanjourney.net/2322/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2018.

TRINDADE, Simone. **Elaboração de modelo digital de superfície para análise de sistemas deltáicos no litoral norte do Rio Grande do Sul.** In: Salão UFRGS 2016: SIC - XXVIII Salão de Iniciação Científica da UFRGS, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/155128>>. Acesso em: 20 de outubro de 2018.

TSCHIEDEL, Arthur da Fontoura, *et al.* O uso de métodos não convencionais para delimitação de manchas de inundação oriundas de desastres. In: **I Encontro Nacional de Desastres**, Porto Alegre, 25 a 27 de julho de 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Arthur\\_Tschiedel/publication/326677933\\_O\\_USO\\_DE\\_METODOS\\_NAO\\_CONVENCIONAIS\\_PARA\\_DELIMITACAO\\_DE\\_MANCHAS\\_DE\\_INUNDACAO\\_ORIUNDAS\\_DE\\_DESASTRES\\_THE\\_USE\\_OF\\_NON-CONVENTIONAL\\_METHODS\\_FOR\\_THE\\_DELIMITATION\\_OF\\_DISASTERS\\_FLOODS/links/5b5dc075458515c4b2511234/O-USO-DE-METODOS-NAO-CONVENCIONAIS-PARA-DELIMITACAO-DE-MANCHAS-DE-INUNDACAO-ORIUNDAS-DE-DESASTRES-THE-USE-OF-NON-CONVENTIONAL-METHODS-FOR-THE-DELIMITATION-OF-DISASTERS-FLOODS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Arthur_Tschiedel/publication/326677933_O_USO_DE_METODOS_NAO_CONVENCIONAIS_PARA_DELIMITACAO_DE_MANCHAS_DE_INUNDACAO_ORIUNDAS_DE_DESASTRES_THE_USE_OF_NON-CONVENTIONAL_METHODS_FOR_THE_DELIMITATION_OF_DISASTERS_FLOODS/links/5b5dc075458515c4b2511234/O-USO-DE-METODOS-NAO-CONVENCIONAIS-PARA-DELIMITACAO-DE-MANCHAS-DE-INUNDACAO-ORIUNDAS-DE-DESASTRES-THE-USE-OF-NON-CONVENTIONAL-METHODS-FOR-THE-DELIMITATION-OF-DISASTERS-FLOODS.pdf).> Acesso em: 12 de agosto de 2018.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2002.

UNESCO. World Heritage Convention. **The English Lake District**. 2018. Disponível em: <<http://whc.unesco.org/en/list/422>>. Acesso em: 28 de novembro de 2018.

VANELLI, Franciele Maria *et al.* Condição de inicialização em modelagem hidrodinâmica para mapeamento de inundação baseada em vazões constantes. In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais do ...** [recurso eletrônico], Florianópolis, 2017. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/173869/001059639.pdf?sequence=1>> Acesso em: 02 de agosto de 2018.

VANELLI, F. M., Zanandrea, F., Tavares, T. G. A., Goldenfum, J. A. Delimitação da área potencialmente inundada pela cheia histórica de 1974 em Tubarão, SC. In: Encontro Nacional de Desastres. 1. Anais. Porto Alegre, 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/184920>>. Acesso em: 20 de Agosto de 2018.

VIANNA, A. P. P. **Utilização de Modelagens Hidrológica e Hidráulica associadas a um Sistema de Informações Geográficas para Mapeamento de áreas inundáveis. Estudo de caso: Município de Itajubá – MG**. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. UFMG – BeloHorizonte. 107 p. 2000. Disponível em: <DOI: 10.22456/1679-1916.14149> Acesso em: 07 de Agosto de 2018.

VICENTE, Saulo; NUNES, Caetano, FALKEMBACH, Gilse Antoninha Morgental. **YOU TUBE: uma opção para uso do vídeo na EAD**. RENOTE. 5. 2007. Disponível em: <DOI: 10.22456/1679-1916.14149> Acesso em: 07 de outubro de 2018.

WEATHER SPARK. **Average Weather in Wharton Texas, United States**. 2018. Disponível em: <<https://weatherspark.com/y/8776/Average-Weather-in-Wharton-Texas-United-States-Year-Round>>. Acesso em: 05 de novembro de 2018.

WORLD BULLETIN. **Philippines: Deaths from typhoon Vinta more than 200**: Almost 300 persons remain missing, dozens injured at the onslaught of the typhoon. 24 December 2017. Disponível em: <<https://www.worldbulletin.net/asia-pacific/philippines-deaths-from-typhoon-vinta-more-than-200-h197163.html>>. Acesso em: 22 de novembro de 2018.