



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Ruan César Pinto Claudino

**CONTRIBUTO DE ESTUDOS DE VULNERABILIDADE E
RISCO DE INUNDAÇÃO EM NÚCLEOS URBANOS
PARA A DEFINIÇÃO DE RECOMENDAÇÕES DE
REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS: CASO DE ESTUDO NO
CENTRO HISTÓRICO DE PORTO ALEGRE, BRASIL**

Dissertação de Mestrado em Reabilitação de Edifícios, orientado pelo Professor Doutor Tiago Miguel Ferreira e Professor Doutor Pedro Pinto dos Santos e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Julho de 2020

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Civil

Ruan César Pinto Claudino

**CONTRIBUTO DE ESTUDOS DE VULNERABILIDADE E
RISCO DE INUNDAÇÃO EM NÚCLEOS URBANOS PARA
A DEFINIÇÃO DE RECOMENDAÇÕES DE
REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS: CASO DE ESTUDO NO
CENTRO HISTÓRICO DE PORTO ALEGRE, BRASIL**

**CONTRIBUTION OF FLOOD VULNERABILITY AND RISK STUDIES IN URBAN
CENTRES TO DEFINING BUILDING REHABILITATION RECOMMENDATIONS: CASE
STUDY IN THE HISTORIC CENTRE OF PORTO ALEGRE, BRAZIL**

Relatório apresentado para cumprimento dos requisitos da unidade curricular “Dissertação de Mestrado em Reabilitação Estrutural I” do Curso de Mestrado em Reabilitação de Edifícios, orientado pelo Professor Doutor Tiago Miguel Ferreira e pelo Professor Doutor Pedro Pinto dos Santos.

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade, legal ou outra, em relação a erros ou omissões que possa conter.

Julho de 2020

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	4
1.1	Objetivos.....	5
1.1.1	Geral.....	5
1.1.2	Específico.....	5
1.2	Metodologia.....	5
2	ESTADO DA ARTE.....	6
2.1	Cenário global de desastres.....	6
2.2	Inundações.....	7
2.3	Definições e abordagem da avaliação do risco.....	10
2.3.1	Perigosidade.....	10
2.3.2	Vulnerabilidade.....	11
2.3.3	Exposição.....	13
2.3.4	Risco.....	13
3	CASO DE ESTUDO: CENTRO HISTÓRICO DE PORTO ALEGRE.....	14
3.1	Aspectos Históricos.....	18
3.2	Patrimônio cultura do centro.....	19
4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	21
4.1	Organização do documento.....	21
5	METODOLOGIA E BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA.....	22
5.1	Abordagens focadas no risco de inundação.....	22
5.2	Abordagens baseadas na vulnerabilidade.....	23
5.3	Metodologia de avaliação.....	23
5.3.1	Coleta de dados.....	25
5.4	Estratégias de reabilitação de edifícios e mitigação dos riscos.....	26
6	CRONOGRAMA.....	29
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Risco e o contexto do Hazard, exposição e vulnerabilidade (UNDRR, 2019)	7
Figura 2 – A Progressão da Vulnerabilidade (Federação Internacional das Sociedades da Cruz Vermelha e do Crescente Vermelho, 2017).....	12
Figura 3 – Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba (Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, 2017) com a localização da cidade de Porto Alegre, RS, Brasil (Google Imagens, 2020)	15
Figura 4 – Dados da caracterização do Centro Histórico (Projeto Viva O Centro, 2009)	16
Figura 5 – Dados da caracterização do Centro Histórico, continuação (Projeto Viva O Centro, 2009).....	17
Figura 6 – Mapa síntese do Centro Histórico (Projeto Viva O Centro, 2009)	17
Figura 7 – Foto aérea de Porto Alegre em 2015 (Prefeitura de Porto Alegre, 2015).....	18
Figura 8 – Imagens da inundação de 1941 em Porto Alegre, Bairro Centro (Sul21, 2015)	19
Figura 9 – Bens tombados no centro (Prefeitura de Porto Alegre, 2014)	20
Figura 10 – Estrutura da avaliação de vulnerabilidade às inundações simplificada (Miranda e Ferreira, 2019).....	24

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Referências para desenvolvimento dos tópicos do capítulo.	28
---	----

1 INTRODUÇÃO

A combinação de eventos extremos e perigosos (*hazard*¹), da exposição² e das vulnerabilidades³ ambientais e socioeconômicas das populações resultam no risco de desastre. Com propósito do seu gerenciamento, mitigando a vulnerabilidade, fortalecendo a capacidade de resistir e se recuperar dos impactos na ocorrência destes desastres através da construção de resiliência⁴, foram desenvolvidas metodologias para a gestão ao longo do tempo. Soma-se ainda fatores latentes que compõem o risco, como crescimento urbano e regional mal planejado com expansão desordenada, má governabilidade das capacidades locais, mudanças climáticas, desenvolvimento econômico desigual, etc., condicionando a capacidade de reação aos danos e perdas de todos atingidos e responsáveis. O risco tende a ser maior e a resistência menor em países pobres e em desenvolvimento, mesmo sendo uma problemática mundial.

Uma abordagem coordenada e colaborativa na ciência das inundações enfrenta diversos entraves no avanço de seus processos. Essa questão torna-se clara, por exemplo, quando comparamos os progressos recentes da ciência das inundações e da ciência sísmica que, em geral, tem seus modelos baseados no histórico e na origem dos eventos; mesmo sem mudanças drásticas nas metodologias, mas com novos critérios e fatores, conseguiu avançar com uma abordagem global para modelar o perigo com informações locais. Mesmo com os recursos contemporâneos, nem todas as causas de inundações podem ser modeladas devido a sua dinâmica complexa. Por mais que existam modelos para os diferentes condutores de inundação, vários modelos foram desenvolvidos para

¹ Evento extremo e perigoso (*hazard*) é definido como: “a ocorrência de um fenômeno natural ou induzido pelo homem num determinado lugar durante um determinado período de tempo, devido à existência de um perigo. O(s) evento(s) perigoso(s) grave(s) pode(m) levar a um desastre como resultado da combinação de ocorrência de perigo e fatores de risco (UNDRR, 2015)” (tradução do autor)

² Exposição é definido como: “Pessoas, bens, outros bens ou sistemas expostos a perigos. As medidas de exposição podem incluir o número de pessoas ou tipos de bens em uma área. Estes podem ser combinados com a vulnerabilidade específica dos elementos expostos a qualquer perigo em particular para estimar os riscos quantitativos associados a esse perigo na área de interesse. UN/ISDR. 2009.” (tradução do autor)

³ Vulnerabilidade é definido como: “condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto dos perigos (UN/ISDR, 2004).” (tradução do autor)

⁴ Resiliência é definido como: “A capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade exposta a perigos para resistir, absorver, acomodar e recuperar dos efeitos de um perigo de forma oportuna e eficiente, inclusive através da preservação e restauração de suas estruturas e funções básicas essenciais. Resiliência significa a capacidade de "resiliência de" ou "ressuscitar de" um choque. A resiliência de uma comunidade em relação a qualquer perigo ou evento é determinada pelo grau em que a comunidade tem os recursos necessários e é capaz de se organizar tanto antes como durante os momentos de necessidade. (UN/ISDR, 2009).” (tradução do autor)

inundações ribeirinhas e costeiras, ainda é um desafio que todos sejam contemplados e harmonizados permanentemente pela comunidade de cheias (UNDRR, 2019).

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Em termos gerais, este trabalho tem como objetivo discutir a avaliação da vulnerabilidade física e funcional associado a eventos de inundação em núcleos urbanos antigos. Entre outros aspetos, pretende analisar-se a forma como tais indicadores poderão ser utilizados com vista à identificação de prioridades e à definição de estratégias de intervenção no edificado antigo e, desta forma, à mitigação do risco de inundação.

1.1.2 Específico

Como objetivo específico a presente dissertação emprega estratégias de reabilitação em edifícios do Centro Histórico de Porto Alegre/RS – Brasil, com propósito de mitigar as condições de vulnerabilidade física e funcional associadas a eventos de inundação na área de estudo.

1.2 Metodologia

Este trabalho fará uso de diversas metodologias que compreendem cada etapa para atingir os objetivos propostos: (a) pesquisa bibliográfica, (b) avaliação da vulnerabilidade física e funcional e do e risco de inundações, e (c) desenvolvimento de estratégias de reabilitação do edificado e medidas de contingência.

- a. Pesquisa bibliográfica relacionada a compreensão dos riscos de inundação: o fenómeno, componentes subjacentes e cenário de inundação no caso de estudo proposto;
- b. Criação de uma base de dados: compilação de informação existente e levantamento de campo; aplicação de metodologia para definição de índices de vulnerabilidade física e funcional;
- c. Desenvolvimento de estratégias de mitigação da vulnerabilidade do edificado existente, potencialmente mais afetado, bem como, uso de medidas de contingência para mitigar as perdas no cenário de evento perigoso.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Cenário global de desastres

O estado da arte proposto para este trabalho começa abordando conceitos globais para definição do risco e suas componentes. Segundo o Relatório de Avaliação Global (GAR⁵) sobre a Redução de Riscos de Desastres (UNDRR,2019), a avaliação de risco⁶ é um problema complexo, em larga medida, devido à dificuldade dos modelos de solução definirem os problemas em partes singulares e na resposta para os seus sintomas. Mesmo que seja funcional classificar o risco no que tange a responsabilidade a fim da sua outorga a diferentes organizações, instituições ou indivíduos, a gestão de risco não pode ser organizada em unidades especializada (departamentalização) que não interajam entre si. Esse pensamento baseia-se na premissa que a compreensão do risco em causa não pode ser isolada ou ignorada do contexto e das características sistêmicas, uma vez que fundamentalmente seria baseada em medidas redutoras. Isto se aplica nos esforços de pesquisa, investigação e desenvolvimento. Cabe compreender a natureza do risco dado que a morte, perda ou dano são encargos do contexto e temporalidade indo na contramão do notório perigo. Com efeito, os desastres⁷ não são naturais, e sim, um efeito da interação de eventos – perigo, vulnerabilidade e exposição – que ocorrem de forma natural ou pela ação humana (Figura 1). Estes eventos excepcionais e perigosos (susceptibilidade) são definidos como desastres sempre que existam dados relevantes, ou perdas humanas ou materiais a lamentar (UNDRR, 2019).

⁵ GAR: Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland. United Nations Office for Disaster Risk Reduction UNDRR,2019

⁶ Risco é definido como: “combinação probabilística de um evento perigoso e suas conseqüências que resultam da interação entre o perigo natural ou provocado pelo homem, vulnerabilidade, exposição e capacidade. UN/ISDR. 2004.” (tradução do autor) Contextos sociais são importantes a serem considerados no risco visto afetar as pessoas que não necessariamente compartilham o mesmo entendimento sobre o risco e seus fatores implícitos, para além, são inerentes ou podem surgir ou encontrar-se no sistema social.

⁷ Desastre é definido como: “Uma séria perturbação do funcionamento de uma comunidade ou sociedade devido a eventos perigosos que interagem com condições de vulnerabilidade e exposição, levando a perdas e impactos humanos, materiais, económicos e ambientais generalizados. UNDRR, 2015.” (tradução do autor)



Figura 1 – Risco e o contexto do *Hazard*, exposição e vulnerabilidade (UNDRR, 2019)

James (1984) conceituou o risco como resultante do número previsto de vidas perdidas, de pessoas feridas e desestabilização de atividades econômicas oriundas de um evento típico que corre em determinado local e certo período. Para Western et al. (2006) está é uma das melhores definições empregadas para o risco e pode ser esquematizado pela Equação (1):

$$RISCO = \sum (H \sum (VA)) \quad (1)$$

onde,

(H) – perigo em função da probabilidade de ocorrência dentro de um período de frequência;

(V) – vulnerabilidade física dos elementos expostos ao risco (determinado um valor de 0 a 1 para cada elemento);

(A) – danos causados aos elementos em risco.

De forma genérica, as avaliações do risco englobam um entendimento qualitativo e quantitativo dos fatores físicos, sociais, econômico e ambientais que envolvem o risco, bem como, as suas consequências. Incluem ainda no seu processo: identificar a natureza, a posição, a intensidade e a probabilidade de uma ameaça; determinar a existência e o grau de vulnerabilidades e de exposição das ameaças; identificar as capacidades e os recursos disponíveis endereçar ou controlar ameaças e determinar níveis aceitáveis de risco. Ou seja, através do uso sistemático da informação disponível, a avaliação determina a probabilidade da ocorrência dos eventos e suas possíveis consequências (UN/ISDR, 2007).

2.2 Inundações

Em 2019 o GAR apresentou o estado do cenário mundial de risco de desastres. Ainda que o período temporal analisado tenha sido relativamente curto (1997-2017), e que apenas

tenham sido considerados países que reportam através do SFM (*UNDRR Sendai Framework Monitor*), importa salientar o peso das inundações no panorama global das catástrofes naturais, afetando cerca de 76 milhões de pessoas.

Inundação pode ser definida simplesmente como a presença de água em uma área usualmente seca, causada por diversos motivos (precipitação acentuada, tempestade, tsunami, ineficiência na gestão da água, etc.), o que acrescenta nessa ciência a parcela de complexidade na abordagem coordenada e colaborativa para modelagem do perigo. O grande desafio paira no desenvolvimento de um modelo global abrangente que combine vários modelos parciais de inundação e interligue os efeitos das cheias globalmente. Os processos em nível global e modelos locais são os mesmos, o que os diferencia é a capacidade de personificar em um contexto local fazendo a diferença na produção de uma compreensão abrangente do risco.

Não existindo uma causa única para uma inundação, a preocupação chave na avaliação do risco de inundação fica relacionada aos fatores desencadeantes. A precisão e distribuição da precipitação padrão em uma mesma área podem originar resultados muito diferentes incluindo outras condições, que precisam ser levadas em conta, por exemplo, as condições do solo (impermeabilização, saturação, etc.). Ou seja, todos elementos devem estar interligados aos fatores locais para uma projeção a nível mundial, pois o risco de inundação pode surgir de múltiplos fatores. A capacidade computacional atual permite uma melhor e mais precisa simulação hidrológica disponibilizando muitos mapas de inundações probabilísticos mais confiáveis através destas ferramentas.

A Parceria Global contra Inundações⁸ (GFP), busca comparar vários modelos existentes - mapas de inundação - e identificar as suas lacunas para o futuro desenvolvimento e pesquisa. Esse tipo de ação fortalece os esforços para o caso ideal, ao contrário de ações do passado, são modelos produzidos localmente encaixados em um plano global, assim, como resultado, se cria e usa uma base de dados que pode ser melhorado mutuamente.

Neste contexto, incorporar a exposição e vulnerabilidade na modelação probabilística é mais importante para entender o impacto potencial do risco do que apenas compreender um perigo, os modelos climatológicos também melhoram nas previsões futuras e nas análises do passado.

Atualmente cresceu na comunidade de risco de inundação o reconhecimento que os estudos meteorológicos precisam considerar nas suas análises de risco a combinação de variados processos físicos que originam esses fenômenos; essa interação gera efeitos em escala temporal e espacial diferentes. Estas relações podem gerar resultados de uma representação desproporcional da probabilidade de eventos extremos, denominados como

⁸ Global Flood Partnership (GPF) é um programa multidisciplinar de grupos de cientistas, agências e gestores de risco concentrados no desenvolvimento de ferramentas eficazes para uma cooperação global de previsão de inundações, monitorização de impacto e resposta na redução de perda (EC, 2019) .

“eventos compostos de enchentes”, de acordo com a origem da sua avaliação (Zscheischler et al. 2018).

Tradicionalmente, os estudos relativos ao risco de inundação examinavam apenas um condutor (inundação do rio, inundação pluvial ou costeira). No entanto, a investigação atual tem-se voltado gradualmente para a quantificação do impacto resultante da combinação destes condutores. Tipicamente eventos compostos são mal compreendidos e ignorados nos planos de gestão, omissão grave, subestimando o risco na avaliação existente. Como exemplo, em 2017 a combinação de intensidades pluviométricas locais extraordinárias (inundação pluvial) com surtos de tempestades (inundação costeiras) em resultado dos Furacões Harvey, Irma e Maria, causaram eventos extremos de inundação com danos em Houston, Florida e Ilhas do Caribe (Dilling, Morss and Wilhelmi 2017). Houston ao não considerar as inundações compostas, subestimou o risco que enfrentava. Austrália, China, Estados Unidos da América e países europeus são locais para os quais vários estudos, conduzido localmente, apontaram uma dependência estatística entre frequência ou magnitude das inundações costeiras e inundações pluviais/fluviais (Loganathan K., Yannacou 1987; Pugh W., Chinchester 1987; Samuels, Burt 2002; Svensson, Jones 2002; Svensson, Jones 2004; van den Brink et al. 2005; Hawkes 2008; Kew et al. 2013; Lian Xu, Ma 2013; Zheng et al. 2014; Klerk et al. 2015; van den Hurk et al. 2015; Bevacqua et al. 2017).

Yamazaki et al. (2011) e Muis et al. (2016) associaram resultados de um modelo hidrodinâmico global de tempestade e marés com um modelo do estado da arte global fluvial, isto para entender como a interação de surtos e descargas de tempestades pode levar ao aumento dos níveis de água em deltas e estuários (Ikeuchi et al. 2017). Neste contexto, a nível global, foi verificado um aumento máximo anual de 0,5m em zonas de planície, como a bacia do Amazonas. Quando são usados níveis dinâmicos do mar como fronteira a jusante, o valor desse aumento altera-se para 0,1m na elevação da superfície de água em deltas e estuários. Intervenções hipotéticas para redução de risco são baseadas em estudos que investigaram diversas medidas com esse viés, mas de forma geral se demonstraram diferentes, onde a solução adequada a um cenário não é válida a outro (UNDRR, 2019).

Uma abordagem com caminhos adaptáveis vem sendo desenvolvida como uma ferramenta para gestão do risco de inundação de aplicação global (Ranger et al. 2010). Inicialmente pode ser seguido um caminho com opções de defesa contra inundações mais acessíveis, podendo, numa segunda fase, ser adotadas soluções mais onerosas quando compreendido que os fatores de risco não foram suficientemente atendidos nas primeiras soluções. No cenário hipotético com uma previsão de aumento do nível médio do mar for maior que o esperado, devido aos efeitos acelerados das alterações climáticas, podem ser tomadas ações diferentes por um novo caminho com outros custo e implicações, como a execução de uma nova barragem a jusante. Por exemplo, seguindo essa tendência, no Reino Unido e na Irlanda do Norte, a Agência do Ambiente criou o projeto *Thames*

*Estuary 2100*⁹, fundamental na introdução de uma nova abordagem no gerenciamento do risco de inundação com caminhos de adaptação flexível conforme necessário.

2.3 Definições e abordagem da avaliação do risco

Sendo o foco do presente trabalho a avaliação da vulnerabilidade e do risco de inundação em núcleos urbanos antigos, a nível local é importante compreender, definir e discutir os conceitos já apresentados de forma breve no Capítulo 2.1 e 2.2, uma vez que estes serão utilizados de efetiva no desenvolvimento da dissertação.

Como as ideias estão abertas e em ampla discussão na comunidade das inundações, para além da definição de inundação apresentada anteriormente, pode ser entendido como as cheias dos sistemas de esgoto, dos reservatórios de água próximos ou no local de precipitação e dos eventos definidos como enxurradas (*flash flood*), aqueles que geram um fluxo rápido e extremo de água em área normalmente seca, ou o aumento, acima do esperado, do nível de inundação de um córrego ou riacho, com início até seis horas após o registrado no evento gerador (Serviço Nacional de Meteorologia U.S.A, n.d.).

De modo geral, as inundações podem ser descritas no que concerne às suas características de: profundidade de água, velocidade de fluxo, fluxos de matéria, etc.; ou pela origem dos eventos: enchentes de inverno, tempestades convencionais de verão, surtos do mar, etc.. Também podem ter como cerne da sua causalidade a ação humana em relação ao espaço geográfico (uso e ocupação do território ou alteração do curso de rio, etc.) mesmo sendo usualmente originadas por fenómenos naturais (Schanze, Zeman, & Marsalek, 2006). Segundo Veyret (2007), os núcleos urbanos antigos contam com uma concentração de riscos, uma vez que para além destas características e origens, ainda importa que sejam considerados os atributos atrelados aos edifícios e com o espaço urbano, nomeadamente: a tipologia das construções, a existência de redes de água, eletricidade e esgoto.

2.3.1 Perigosidade

Perigosidade pode ser definida como a “probabilidade de ocorrência de um processo ou ação (natural, tecnológico ou misto) com potencial destruidor (ou para provocar danos) com uma determinada severidade, numa dada área e num dado período (Juliao et al. 2009). O uso de mapas de perigosidade, característicos de uma determinada região, é uma estratégia eficaz com vista à a melhorar e simplifica a compreensão das várias componentes que concorrem na definição do perigo. No caso das inundações, as cartas

⁹ Plano Estuário do Tamisa 2100 (TE2100): “apresenta as recomendações para a gestão de riscos de inundação para Londres e o estuário do Tamisa até ao fim do século e mais além. Londres e o Tamisa comunidades estuarinas se beneficiam de um poço robusto e sistema organizado de gestão de risco de inundação por maré, mas pressões crescentes, incluindo as alterações climáticas, significa que o risco de inundação está a aumentar. *Environment Agency*. 2012.” (tradução do autor)

de perigosidade precisam, no mínimo, considerar três cenários consoante as diferentes probabilidades de ocorrência (baixa, média e alta). É necessário incluir ainda, em cada um, a extensão da cheia e a profundidade da água, e adaptando, a velocidade do fluxo (EXCIMAP, 2007).

2.3.2 Vulnerabilidade

Simplificando uma abordagem complexa, a vulnerabilidade pode ser definida como a propensão inerente de um elemento sofrer danos ou degradação causados por um evento de determinada intensidade (Barroca, Bervardara, Mouchel, Hubert, 2006), mas existem várias definições para esse conceito como Wisner et al. (2004) e Birkmann (2006). No caso de inundação, a característica do elemento determina o seu potencial a ser prejudicado, esta vulnerabilidade pode expressar efeitos diretos e indiretos, que podem ser tangíveis ou intangíveis. Para a avaliação do risco é importante uma análise correta e conhecimento das vulnerabilidades locais uma vez que o risco é diferente em cada caso e específico ao momento que é realizada esta análise.

A Federação Internacional das Sociedades da Cruz Vermelha e do Crescente Vermelho¹⁰ (IFRC) propõe um gráfico (Figura 2) adaptado para descrever a progressão da vulnerabilidade das causas subjacentes e os resultados de um evento de perigoso que se torna um desastre. Ainda, relacionado ao conceito de vulnerabilidade está o de resiliência – a capacidade de antecipar, lidar, resistir e recuperar do impacto de um perigo natural ou provocado pela ação humana - dado que quanto maior for a vulnerabilidade, menor será a capacidade de antecipar, absorver e recuperar no contexto pós-desastre. Esta definição está intimamente dependente de pessoas, comunidades e recursos para que efetivamente seja possível responder e mitigar danos de um possível desastre (Federação Internacional das Sociedades da Cruz Vermelha e do Crescente Vermelho, 2017).

¹⁰ IFRC é uma organização humanitária fundada em 1919, em Paris, logo após a I Guerra Mundial, quando se constatou a necessidade de criar uma organização que reunisse as distintas Sociedades Nacionais da Cruz Vermelha, visando aumentar a cooperação entre elas.

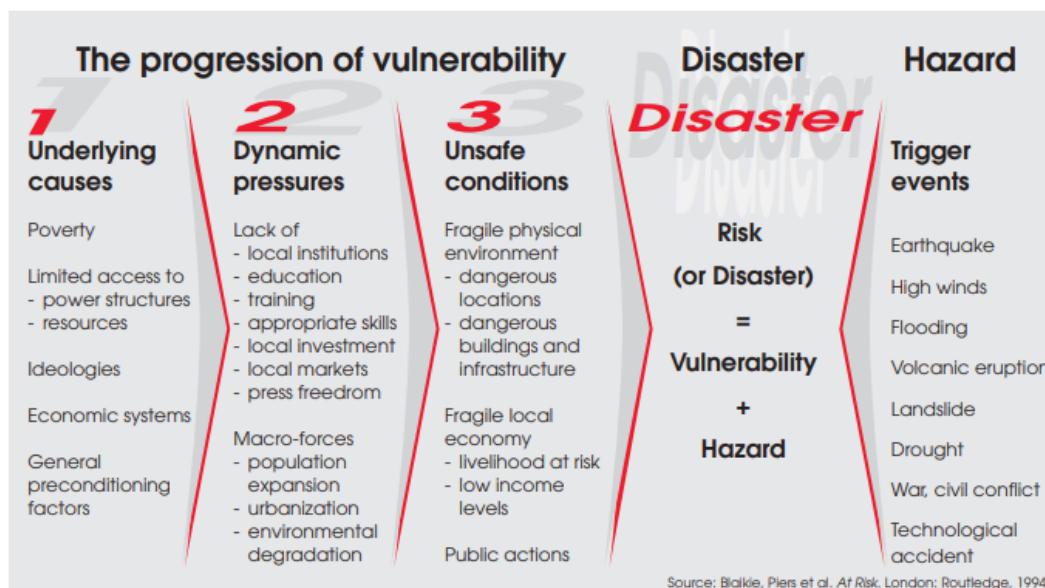


Figura 2 – A Progressão da Vulnerabilidade (Federação Internacional das Sociedades da Cruz Vermelha e do Crescente Vermelho, 2017)

Barroca, Bervardara, Mouchel e Hubert (2006) definiram três níveis de complexidade para o conceito de vulnerabilidade, considerando as abordagens e considerações associados a esta componente:

- I. **Vulnerabilidade em reação ao evento em si:** também conhecida como complexidade da vulnerabilidade externa, diz respeito a cada forma de perigo (nível de água, vazão, velocidade. etc.). É importante que todas sejam consideradas já que cada uma tem o potencial de causar diferentes tipos de danos;
- II. **Vulnerabilidade relativa às várias funções do elemento em risco que poderia ser afetado pelo perigo:** também denominado como complexidade da vulnerabilidade inerente primária, refere-se aos diferentes efeitos que dado perigo pode causar em diversas partes da mesma construção. Os efeitos podem ser diferentes dependendo da escala temporal, no curto prazo, pode causar causalidades humanas ou custos diretos para as atividades econômicas; e no longo prazo, principalmente o custo de manutenção;
- III. **Vulnerabilidade em relação ao risco associado ao objeto:** também designado como complexidade da vulnerabilidade inerente secundária. As estratégias e planos de mitigação de risco urbano podem ser esboçadas eficazmente com um bom conhecimento sobre a vulnerabilidade de um elemento.

Resumidamente, é possível esclarecer que a complexidade da vulnerabilidade externa está associada com a causa ou perigo, enquanto a inerente primária está relacionada com

a consequência desse perigo e a vulnerabilidade do elemento; e a inerente secundária, as ações que podem ser tomadas quando a vulnerabilidade dos elementos é conhecido.

De outro lado, no que diz respeito especialmente a mitigação dos riscos, pode-se identificar três áreas de vulnerabilidade a inundações: sociais e culturais estão relacionados com a perda de vida, saúde, impacto social e perda do patrimônio cultura; econômica ligada diretamente ou indiretamente as perdas financeira fruto dos danos; e ecológica referente a poluição antropogênica de águas, solos e ecossistemas (Schanze, J., Zeman, E., Marsalek, J., 2006).

2.3.3 Exposição

O conceito de exposição pode ser entendido simplesmente como a localização e tipologia dos elementos expostos (população, edificado, patrimônio ambiental, etc.) a um potencial perigo. Esta mesma ideia é defendida por Wrachien, Mambretti, & Schultz (2011), que definem “exposição” como a probabilidade de um determinado elemento estar exposto a um perigo devido as suas características.

No contexto das inundações, nas áreas suscetíveis, os elementos podem ser expostos ao mesmo perigo. No entanto, dificilmente poderão ter a mesma vulnerabilidade. Por exemplo, em dois quarteirões distintos podemos diferenciar a sua exposição considerando apenas o número de edifícios em cada um, mas já não é possível distinguir a sua exposição considerando a sua idade ou estrutura (componentes da vulnerabilidade). Bem como, não é possível considerar a probabilidade de os edifícios serem afetados pelas ondas do mar (combinação de exposição e perigosidade (hazard)). Para além disso, caso não exista exposição na área de uma inundação, não existe risco.

Pelo exposto, ao contrário da vulnerabilidade, refere-se as características de um elemento propenso a sofrer danos, a exposição diz respeito ao contexto das pessoas, infraestrutura, edificação, capacidades de produção e outro ativo humano tangível que estão presentes em áreas propensas a riscos.

2.3.4 Risco

Refere-se a uma componente inserida em um sistema que tem repercussão devido a um perigo: população, infraestrutura, serviços públicos, etc.. A probabilidade com consequências negativas, danos, destes elementos depende da sua vulnerabilidade. Logo, sintetizando, pode ser entendido como o produto do perigo e da vulnerabilidade (exposição e sensibilidade) e inversamente relativa à sua capacidade de reação/adaptação (resiliência) (Rana e Routray, 2016).

3 CASO DE ESTUDO: CENTRO HISTÓRICO DE PORTO ALEGRE

A cidade de Porto Alegre é a capital mais ao sul do Brasil no estado do Rio Grande do Sul com população estimada em quase 1,5 milhões de habitantes (IBGE, 2019). Historicamente a região teve povoamento em 1752 com a chegada de 60 casais portugueses vindo dos Açores, Portugal, trazidos pelo Tratado de Madrid¹¹. No entanto, foi apenas em 26 de março de 1772 que oficialmente foi fundada, através da criação da Freguesia de São Francisco do Porto dos Casais, alterada um ano depois para Nossa Senhora da Madre de Deus de Porto Alegre. Com uma área total de 496,684 km² a cidade é cercada por um anel de morros graníticos afetadas pela erosão que criaram as “bordas” (zona norte e leste) para a área de planície onde grande parcela da urbanização se desenvolveu, cerca de 65% do seu território. Pela sua formação geológica - espécie de contenção - a ocupação natural do território seguiu predominante em direção à zona sul (Prefeitura de Porto Alegre, 2020).

A expressão geográfica da capital é marcada pelos 70 km de orla fluvial que contorna a cidade corresponde a margem oriental (esquerda) do Lago Guaíba¹² formado pela convergência de quatro rios que desembocam na Lagoa dos Patos (Figura 3). Possui ainda um conjunto de 16 ilhas neste mesmo lago, cerca de 44km², que ficam sob jurisdição do município.

O Macrozoneamento feito na reavaliação do Plano Direto de Porto Alegre em 1995, definiu a área central da cidade como (bairro) Centro Histórico, que é o objeto de estudo dessa dissertação – sendo futuramente delimitada melhor. Este bairro possui o maior patrimônio arquitetônico e artístico da cidade, é sexto mais populoso, terceiro em densidade e é um centro econômico, comercial e social. Tem uma área de 228 hectares e 36.862 habitantes.

¹¹ Tratado de Madrid: foi um tratado firmado na capital espanhola entre os reis João V de Portugal e Fernando VI de Espanha, em 13 de janeiro de 1750, para definir os limites entre as respectivas colônias sul-americanas, pondo fim assim às disputas. O objetivo do tratado era substituir o Tratado de Tordesilhas, que já não era mais respeitado na prática. Pelo tratado, ambas as partes reconheciam ter violado o Tratado de Tordesilhas na América e concordavam que, a partir de então, os limites deste tratado se sobreporiam aos limites anteriores.

¹² Lago Guaíba: lagoa de água doce navegável por embarcações de grande porte com 482,25 km² de área, banhando as cidades de Porto Alegre, Eldorado do Sul, Guaíba, Barra do Ribeiro e Viamão.

DADOS GERAIS

- População: 36.862 habitantes
- Número médio de moradores por domicílio: 2,13 hab/domicílio
- Densidade: 162 hab/ha
- Área: 228 hectares
- Número de praças: 25 – 181.404m² de área verde
- Número de prédios: 2600 – 5.203.497m² de área construída
- Número de economias residenciais: 23.316 economias com área construída de 1.874.569m²
- Número de economias comerciais: 16.376 economias com área construída de 3.195.161m²
- Bens tombados: 50
- Bens Inventariados de Estruturação (Art. 14 do PDDUA): 242
- Hotéis: 47
- Atividades Culturais:
 - » 11 bibliotecas;
 - » 10 salas de cinema;
 - » 5 Centros Culturais;
 - » 16 museus;
 - » 9 teatros.
- Motivo do deslocamento dos usuários ao centro:
 - » Trabalho: 55,15%
 - » Estudo: 2,42%
 - » Lazer: 13,95%
 - » Compras: 12,12%
 - » Serviços: 8,48%
 - » Residência: 7,88%

ALTURA DAS EDIFICAÇÕES



TIPO DE EDIFICAÇÃO



CONSERVAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

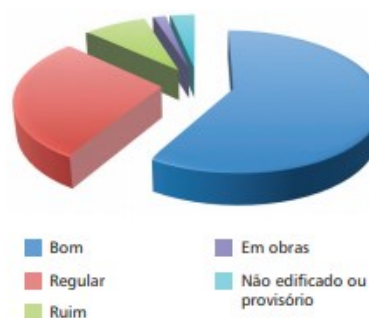


Figura 4 – Dados da caracterização do Centro Histórico (Projeto Viva O Centro, 2009)

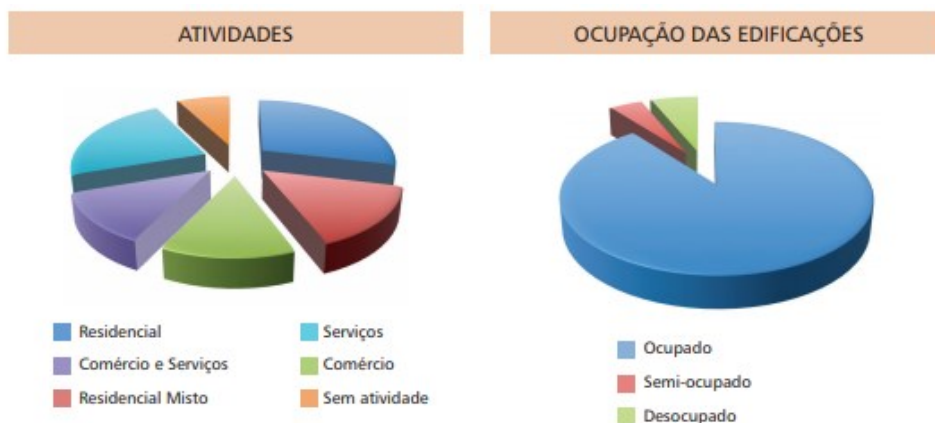


Figura 5 – Dados da caracterização do Centro Histórico, continuação (Projeto Viva O Centro, 2009)

Ainda do mesmo autor, foi desenvolvido um mapa síntese (Figura 6) que representa a dinâmica funcional atual do bairro Centro Histórico. Onde a região foi separada em três zonas devido a predominância de seu uso: Zona 1 – Comercial, Zona 2 – Institucional e Cultural e Zona 3 - Residencial.

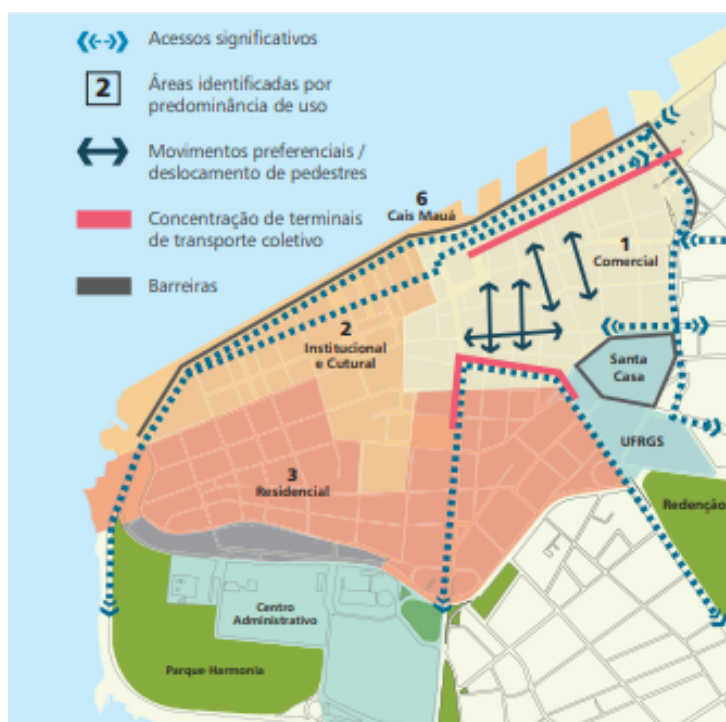


Figura 6 – Mapa síntese do Centro Histórico (Projeto Viva O Centro, 2009)

3.1 Aspectos Históricos

Ao longo da história, as sociedades buscaram se estabelecer geograficamente em locais com acesso a escoamento d'água, rios ou fluxos fluviais, garantindo o abastecimento sustentável localmente (Vörösmarty et al., 2005).

Este foi também o caso de Porto Alegre, região complexa que inclui 27 arroios vindo dos morros e planícies – antigamente na sua maioria eram pântanos, no centro histórico da cidade (Figura 7) se desenvolveu a área comercial e administrativa.



Figura 7 – Foto aérea de Porto Alegre em 2015 (Prefeitura de Porto Alegre, 2015)

A área central representa 35% da área urbanizada da cidade e está em uma altitude média de apenas 3 metros acima do nível do mar, e um pouco acima do nível médio destes arroios. Como resultado da escolha de uma localização geograficamente estratégica, ao longo de sua história a cidade foi atingida por inúmeras inundações (1873, 1928, 1936, 1941, 1967 e 2015), Figura 8, com consequências materiais e humanas severas.



Figura 8 – Imagens da inundação de 1941 em Porto Alegre, Bairro Centro (Sul21, 2015)

3.2 Patrimônio cultura do centro

O desenvolvimento e manutenção do Inventário do Patrimônio Cultura de Porto Alegre, através do qual são inventariados os bens patrimoniais imóveis da cidade é da responsabilidade da Secretaria Municipal de Cultura (SMC), organismo conduz um trabalho permanente com vista ao conhecimento dos espaços e das edificações com interesse patrimonial.

Além dos locais tombados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN¹³) e pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado do RS (IPHAE¹⁴), a lista inclui ainda os bens tombados pelo Livro do Tombo¹⁵ (Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2014).

Na região do Centro Histórico estão identificados 887 imóveis (289 Inventariados de Estruturação e 598 Inventariados de Compatibilização), destacando os bens mais importantes na Figura 9.

¹³ IPHAN: é uma autarquia federal do Governo do Brasil, criada em 1937, vinculada ao Ministério do Turismo, responsável pela preservação e divulgação do patrimônio material e imaterial do país. Tem a função de defender e favorecer os bens culturais do país proporcionando sua existência e usufruto para as gerações presentes e também futuras. Buscando a preservação dos tesouros da cultura nacional.

¹⁴ IPHAE: é o órgão no estado do Rio Grande do Sul responsável pela preservação dos bens considerados de relevância histórica e/ou artística.

¹⁵ Livro do Tombo: registro de bens tombados pelo Município, que são aqueles que, por seu valor histórico, paisagístico, morfológico ou técnico sejam de interesse público preservar e proteger. Passam a integrar o Patrimônio Cultura de Porto Alegre e são protegidos pela Lei de Tombamento - Lei Complementar 275/92.



Figura 9 – Bens tombados no centro (Prefeitura de Porto Alegre, 2014)

4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação visa fornecer condições de análise do cenário de inundação em um núcleo urbano com vista à definição de possíveis políticas de reabilitação otimizadas e mitigação dos riscos no que diz respeito à redução da vulnerabilidade do edificado existente, ou seja, atenuação dos danos associados a este tipo de risco. Como objetivo específico do trabalho, pretende-se analisar a vulnerabilidade e o risco de inundação em núcleos urbanos antigos, nomeadamente tendo em conta as componentes física e funcional. Para alcançar este objetivo, serão utilizadas metodologias simplificadas de avaliação do risco de inundação, pesquisa na literatura e levantamento de campo, limitados ao Bairro Centro Histórico da cidade de Porto Alegre, RS, Brasil. É a capital e maior município brasileiro do estado do Rio Grande do Sul na região sul do Brasil, Porto Alegre está localizado na margem oriental (*eastern bank*) do Rio Guaíba, formado pela convergência de quatro rios e diversos arroios que desembocam na Lagoa dos Patos, uma gigantesca lagoa de água doce navegável até mesmo por grandes navios. Destacam-se neste bairro, 52 bens imóveis tombados pelo patrimônio histórico, por exemplo, o Cais Mauá, o Centro Administrativo, a Usina do Gasômetro, o Setor 05 da Orla do Lago Guaíba, o Parque da Harmonia e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul; sendo de notório o elevado e insubstituível valor cultural e social destas áreas.

4.1 Organização do documento

O documento de dissertação será organizado em cinco capítulos, orientandos exclusivamente para alcançar os objetivos propostos.

O primeiro capítulo buscará definir os objetivos, geral e específico, fazendo o posicionamento e motivação do trabalho.

O segundo capítulo apresentará o estado da arte da tese em subitens: primeiro apresenta a compreensão de risco em cenários de desastres, segundo busca restringir esse entendimento ao evento de inundação, terceiro demonstra de forma clara conceitos relativos a inundação como exposição, vulnerabilidade, elementos em risco, métodos para avaliação do risco, etc..

O terceiro capítulo apresentará o contexto histórico, as características do caso do estudo, bem como estudos realizados anteriormente.

O quarto capítulo demonstrará o uso da metodologia adotada para a avaliação de risco de inundação e análise dos resultados, por fim, as possibilidades de reabilitação de edifícios e mitigação dos danos neste contexto.

O quinto e último capítulo fará o fechamento do documento, com um apanhado das conclusões obtidas e a sugestão de possibilidades para trabalhos futuros.

5 METODOLOGIA E BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA

Devido ao aumento da população, às mudanças climáticas, crescimento contínuo das cidades ou propensão de regiões a inundação, especialmente em áreas urbanas, nas últimas décadas o mais importante no gerenciamento de risco tem sido a preocupação em reduzir a amplitude dos impactos (consequências), em detrimento do controle do risco natural. Isto, porque é evidente e inevitável que estes fatores geradores aumentam o risco. Nomeadamente, por exemplo, as metodologias multicritérios para avaliação do risco, que buscam informações quanto a população e grupos vulneráveis, classes de uso do solo residencial, áreas com cuidados sociais e de saúde, e indicadores de áreas ecológicas. Ou seja, são capazes de fornecer condições para uma gestão do risco em muitos níveis (critérios econômicos, sociais e ecológicos do meio urbano), fundamentais na tomada de decisão, além de medir o risco em frente a uma inundação.

Existem diversas metodologias de avaliação do risco de inundação, mas independentemente da escolha, geralmente, ao fim da avaliação os resultados serão representados em mapas de risco de inundação pois facilita a compreensão e insere a informação em um contexto físico.

Resumidamente, é possível descrever de modo geral dois grupos de metodologias, o primeiro focado no risco natural e outro na vulnerabilidade. É significativo perceber que do ponto de vista geomorfológico, as metodologias precisam ser capazes de identificar e delimitar exatamente as áreas propensas a inundações, possibilidade de duas perspectivas diferentes: hidráulico e hidrológico, já que o risco é uma consequência do perigo.

5.1 Abordagens focadas no risco de inundação

Existe a necessidade de proteger e mitigar o crescente impacto das inundações nos edifícios que já estão construídos e nas novas estruturas, devido ao aumento mundial dos riscos de inundação (Zheng et al. 2013; Hammond et al. 2015; Rana e Routray 2018).

A modelação hidrológica e hidráulica são uma tarefa complexa e muito exigente nas áreas urbanizadas, porque existem várias interações entre as estruturas urbanas e o sistema de águas em diversas escalas temporais e espaciais, além da sua condição diversa e heterogênea. Assim, é importante salientar isso, pois a modelagem hidrológica deve se concentrar na avaliação dos efeitos da urbanização sobre o sistema natural de água, os processos hidrológicos têm menos impacto nos processos urbanos, com o propósito de avaliar os impactos da inundação sobre a cidade e o impacto da cidade sobre a probabilidade da inundação.

Neste grupo de metodologias, os dados geralmente são oriundos de modelos hidráulicos e são considerados as ferramentas mais populares de avaliação de perigo (Apel et al., 2009).

5.2 Abordagens baseadas na vulnerabilidade

No que diz respeito as abordagens baseadas na vulnerabilidade, em geral, devem incluir os seguintes parâmetros fundamentais para a avaliação do risco a inundação: dados de perigos relacionados com os eventos com potencial para ocorrer (extensão da inundação e profundidade); dados de inventário de edifícios e dados de cobertura do solo (exposição); dados das características dos edifícios e outros conjuntos de dados dependentes do modelo de perda de cheias (sensibilidade); e a quantidade de danos que se espera que resultem do evento de cheia. Ainda, depende também de fatores como o ponto de vista da análise e escala do local.

Nos casos em que os dados são incompletos ou inexistentes, a abordagem a ser usada de ser deputado para a situação em específico. Neste cenário, Stephenson e D'Ayala (2014) apresentaram uma abordagem holística para reunir um conjunto de parâmetros, especificamente formulados para as estruturas, que caracterizam as propriedades inerentes dos edifícios que contribuem para a sua vulnerabilidade à inundação, neste caso, com um foco mais numérico e estrutural. Mebarki et al. (2012) propuseram uma abordagem semelhante para avaliar o risco de falha à inundação para estruturas de alvenaria. Com um propósito diferente, mas seguindo o mesmo conceito, Balica et al. (2012) desenvolveram um Índice de Vulnerabilidade à Inundações de Cidade Costeira (CCFVI), indicando comparativamente a vulnerabilidade (baixa ou alta) à inundações costeiras, assim, mostra quais as cidades que mais necessitam de maior investigação.

Para este trabalho, a avaliação do risco de inundação será discutida fundamentalmente em mapas de risco de inundação, já que nesta ferramenta, a vulnerabilidade dos edifícios é mapeada dentro de uma determinada extensão por causalidade do risco de inundação.

5.3 Metodologia de avaliação

Será utilizado no caso de estudo a abordagem simplificada sugerida por Miranda e Ferreira (2019), metodologia inovadora para avaliar a vulnerabilidade à inundação em núcleos urbanos antigos (Figura 10). Sob as componentes de exposição e sensibilidade empregados na análise multicritério da vulnerabilidade dos edifícios será possível obter um indicador de vulnerabilidade física – o Flood Vulnerability Index (FV) – para cada um dos edifícios contidos na área de estudo.

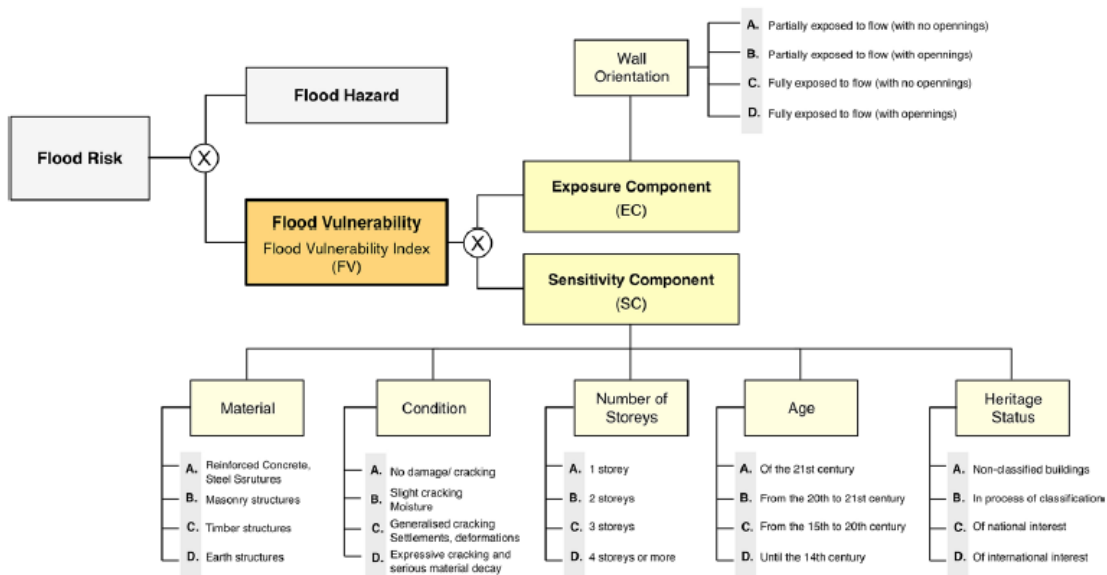


Figura 10 – Estrutura da avaliação de vulnerabilidade às inundações simplificada (Miranda e Ferreira, 2019)

As componentes Exposição (CE) e Sensibilidade (SC) são baseados no cálculo do índice de cada edifício onde é feita uma soma ponderada de um dado conjunto de parâmetros, por sua vez, avaliados individualmente em quatro classes de vulnerabilidade crescente: A, B, C e D; quando maior for a classe de vulnerabilidade atribuída, maior será a sua vulnerabilidade relativa a essa característica ou aspecto específico (Miranda e Ferreira 2018). Logo, é possível com essa metodologia, obter dois índices específicos utilizados na avaliação da Exposição (EC) e Sensibilidade (SC) de um edifício histórico propenso a inundação. Finalmente, com estes dados, é possível calcular o Índice de Vulnerabilidade à Inundação (FV) através da Equação (2). Na prática, quanto menor for este índice, menor será o nível de vulnerabilidade do edifício.

$$FV = EC \times SC \quad (2)$$

Segundo Navia (2017), o índice de vulnerabilidade às inundações ainda poderia ser complementado com dados sobre os aspectos socioeconômicos e ambientais. Neste sentido, será incluído no levantamento de dados e avaliação, uma matriz de vulnerabilidade funcional de cada edifício e com a possibilidade de inclusão de subseções na região para consideração da sua envoltória. Para a componente de vulnerabilidade funcional dos edifícios será considerado o trabalho de Santos et al. (2018), que se baseia em levantamentos de campo focados nas características de utilização dos edifícios como sejam o tempo de permanência, número de residentes e transientes, e a sazonalidade anual, semanal e diária da ocupação.

5.3.1 Coleta de dados

O levantamento de dados terá contribuição histórica sobre a ocorrência de inundações associadas ao Lago Guaíba no município de Porto Alegre. Consulta de arquivos de notícias (livros, mídias impressas e digitais) e trabalhos desenvolvidos na região quanto a previsão e projeções do fenômeno natural e seus impactos.

Os dados cartográficos, curvas de nível e pontos cotados do município de Porto Alegre, em escala 1:1.000, podem ser obtidos a partir de Hasenack et al. (2010).

As cartas topográficas da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro na escala 1:50.000 podem ser obtidas em formato digital no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Os Mapas de Unidades Geológicas da área podem ser gerados utilizando a base cartográfica georreferenciada vetorial na escala 1:250.000 disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Ainda, consultar a base cartográfica vetorial do Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre na escala 1:15.000 disponibilizada por Hasenack et al. (2008).

O sistema de proteção contra inundações pode ser mapeado utilizando com referência o trabalho desenvolvido por Rauber (1992) e os diques vetorizados a partir de imagens de satélite disponíveis no software Google Earth.

Os dados acerca da idade e renda da população e acesso a serviços essenciais como água, energia elétrica, lixo coletado e esgoto (socioeconômicos e ambientais) podem ser obtidos a partir do censo (IBGE).

Será adicionado aos dados levantados em campo pelo autor, as informações oriundas do aerolevante disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre. O Consórcio Guaíba (2012) e Zanardi et al. (2015) disponibilizaram informação vetorial e matricial georreferenciadas de edificação e modelo digital de superfície (MDS) da cidade de Porto Alegre. Este modelo será gerado aplicando filtros para remoção dos pontos referentes a edificação do modelo digital de terreno (MDT), um dos frutos de um consórcio de empresas contratadas conveniadas a Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS em 2010, no qual fez um mapeamento aerofotogramétrico e utilizou um sistema de varredura a LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*), nomeadamente, conhecido como LiDAR (*Light Detection and Ranging*) – perfilamento.

Finalmente, para realizar a coleta de dados em campo, a fim de otimizar e tornar versátil o processo, será utilizado nas campanhas de levantamento o aplicativo Input¹⁶. Sistema de informação geográfica compatível com celular/tablet e baseado no QGIS¹⁷, onde será

¹⁶ *Input* é um simples aplicativo de pesquisa que permite aos usuários capturar dados em campo, formulários e preparação de dados podem ser feitos em software QGIS (<https://inputapp.io/en/>)

¹⁷ *QGIS* é um software livre com código-fonte aberto, multiplataforma de sistema de informação geográfica que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados.

possível criar formulário personalizado para coleta de dados geográficas (GPS interno do aparelho ou externo - captura de linhas, pontos e polígonos), características e envoltória dos edifícios (componentes física e funcional) e mídia como fotos/vídeos. A base de dados pode ser armazenada e sincronizada em várias clientes móveis e desktop com a componente central do sistema Mergin¹⁸.

Cumprido salientar, no formulário que será desenvolvido serão incorporados, além das componentes de vulnerabilidade (edificado) e exposição (patrimônio), também as componentes que tratam das características funcionais dos edifícios.

5.4 Estratégias de reabilitação de edifícios e mitigação dos riscos

Em relação ao escopo proposto para o relatório de Dissertação I, nesta etapa pretende-se desenvolver futuramente as possíveis políticas e estratégias de reabilitação, e mitigação dos danos. A sua definição será baseada nos cenários de risco, traçados a partir da cartografia das áreas propensas a inundação e da vulnerabilidade do edificado (análise geral dos resultados alcançados).

Resumindo, o Quadro 1 demonstra, de forma simplificada e resumida, as referências necessárias para complementar o desenvolvimento deste capítulo. Ainda, nomeadamente no capítulo 5.3, pretende-se incluir um capítulo para demonstrar os modelos e dados utilizados no cenário de inundação.

¹⁸ *Mergin* é um repositório de geo-dados para trabalho colaborativo (<https://public.cloudmergin.com>)

TÓPICO: AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADE NA CIDADE DE PORTO ALEGRE	
REFERÊNCIA	CONTRIBUIÇÃO
Miranda F.N., T.M. Ferreira 2019, A simplified approach for flood vulnerability assessment of historic sites.	Metodologia de referência: abordagem para a avaliação do risco de inundações em áreas urbanas.
Santos, P. P. et al. 2018, Estuarine flooding in urban areas. Enhancing vulnerability assessment. Natural Hazards, Special Issue: Natural hazards, modelling, risk assessment and the role of scale.	Metodologia de referência: duas metodologias distintas, regional (em menor escala) e local (em maior escala), aplicadas para a avaliação da vulnerabilidade territorial.
Allasia D.G. et al. 2015, Decreasing flood risk perception in Porto Alegre – Brazil and its influence on water resource management decisions.	Discussão dos impactos no gerenciamento das inundações.
Dias T. S. 2014, Análise das intervenções na morfologia original e na dinâmica geomorfológica em áreas alagáveis no Município de Porto Alegre – RS.	Análise das as intervenções realizadas pelo uso e ocupação da terra na morfologia original e na dinâmica geomorfológica no entorno de vias do município de Porto Alegre
Reckziegel E. W., 2018, Áreas com risco de inundação do lago guaíba e delta do Jacuí. Tese de Doutorado.	Histórico de ocorrências de inundação e avaliada a distribuição espacial e temporal destes eventos.
Neto J. A. M. 2018, Estimativa de impacto das cheias de 1941, 1967 e 2015 em porto alegre na hipótese de inexistência do sistema de proteção contra cheias do lago guaíba. Dissertação Mestrado.	Levantamento das inundações urbanas ocorridas em Porto Alegre/RS em 1941, 1967 e 2015 e configura-se como uma análise espaço-temporal dos impactos sobre as edificações atuais que seriam atingidas na hipótese de inexistência, de remoção ou de falha, do sistema atual de proteção contra inundações do Lago Guaíba.
Hasenack, H. et al. 2008, Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: Geologia, Solos, Drenagem, Vegetação e Ocupação. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente.	Conjunto de mapas e fotos aéreas de várias regiões, mostrando as diferentes feições de ocupação, relevo e vegetação do município.
Hasenack H. et al. 2010, Base altimétrica vetorial contínua do município de Porto Alegre-RS na escala 1:1.000 para uso em sistemas de informação geográfica. Porto Alegre, UFRGS-IB-Centro de Ecologia.	Metadados e arquivos vetoriais contínuos no sistema de referência Gauss-Krüger ou no sistema UTM (Datum SAD 69), contendo os elementos referentes às curvas de nível e aos pontos cotados das cartas em escala 1:1.000 de Porto Alegre.
Rauber V. 1992, Prevenir é o melhor remédio. Prefeitura Municipal de Porto Alegre.	Referência do sistema de proteção contra inundações de Porto Alegre.
Valenti E. S. et al. 2011, Modelo cartográfico digital temático para simulação e previsão de inundações no município de Porto Alegre – RS.	Reprodução em modelos dos eventos históricos de inundação, quantificados com uma boa precisão de seus efeitos atualmente.

Consórcio Guaíba, 2011, Relatório de planejamento da elaboração da base cartográfica.	Modelos Digitais de Superfície (MDSs) e Modelos Digitais de Terreno (MDTs) gerados através de perfilamento LASER.
Consórcio Guaíba, 2012. Relatório final da execução da cobertura laser.	
Zanardi R. P. et al. 2014, Análise da qualidade dos modelos digitais de terreno e de superfície do município de Porto Alegre.	
TÓPICO: ESTRATÉGIAS DE REABILITAÇÃO	
REFERÊNCIA	CONTRIBUIÇÃO
English Heritage, 2015, Flooding and Historic Buildings.	Guia para referência: aconselhamento sobre medidas preventivas, bem como sobre a inspeção, conservação e reparação de edifícios históricos após inundações (UK).
National Park Service, 2019, Guidelines on Flood Adaptation for Rehabilitating Historic Buildings.	Guia de referência: fornece informações sobre como adaptar edifícios históricos para serem mais resistentes ao risco de inundação de uma forma que preserve o seu carácter histórico e que vá ao encontro das Normas de Reabilitação (US).
Asian Development Bank, 2007, Tajikistan: Emergency Flood Rehabilitation Project.	Relatório de referência: avaliação do desempenho do projeto de reabilitação emergencial no Tajiquistão.
Consortium CIRIA, 2007, Improving the Flood Performance of New Buildings (Flood Resilient Construction).	Guia de referência: orientação prática e fácil de usar sobre o projeto e especificação de novos edifícios (principalmente moradias) em áreas de baixo ou residual risco de inundação, a fim de reduzir os impactos das inundações; e recomendações para a construção de edifícios resistentes às inundações e resilientes. De acordo com a políticas do governo Britânico (UK).
BRE Digest, 2012, Flood-resilient building: Two part set (DG 523).	Livro de referência: abordagem geral da construção em áreas de risco de inundação e o projeto de edifícios resistentes a inundações, utilizando uma série de medidas, incluindo elementos de resistência, resiliência e evitação; baseada no que foi desenvolvida em todas as partes do Reino Unido (UK) nos últimos anos.
State Historical Society of Wisconsin's, 2009, Treatment of Flood-Damaged Older and Historic Buildings	Guia de referência: tratamento de edifícios mais antigos e históricos danificados por inundações.

Quadro 1 – Referências para desenvolvimento dos tópicos do capítulo.

6 CRONOGRAMA

De maio a julho o plano de trabalho foi programado da seguinte forma:

	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4
FASE 1 - ESTUDAR	Área de Estudo	Cronograma		
	Proposta de Tema			
FASE 2 - VIABILIZAR		Metodologia e Objetivos	Revisão Bibliográfica	Revisão Bibliográfica
				Entrega da Dissertação I
				Discussão do Projeto de Dissertação I
FASE 3 - PLANEJAMENTO				
FASE 4 - CONCRETIZAR				

De setembro de 2020 a fevereiro de 2021, está previsto o planejamento seguinte:

	MÊS 5	MÊS 6	MÊS 7	MÊS 8	MÊS 9	MÊS 10
FASE 1 - ESTUDAR						
FASE 2 - VIABILIZAR						
FASE 3 - PLANEJAMENTO	Análise Dados Existentes	Levantamento de Dados do Caso de Estudo				
	Levantamento de Dados do Caso de Estudo	Avaliação Riscos e Vulnerabilidade (Flood Vulnerability Index - FV)	Avaliação Riscos e Vulnerabilidade			
FASE 4 - CONCRETIZAR				Estratégias de Reabilitação do Edifício (Físico)		
					Medidas de Contingência (Funcional)	
					Entrega da Dissertação II	Defesa da Dissertação II

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allasia D.G.; R. Tassi; D. Bemfica e J. A. Goldenfum, (2015). Decreasing flood risk perception in Porto Alegre – Brazil and its influence on water resource management decisions.
- Apel H, G. Aronica, H. Kreibich and A. Thienken (2009) Flood risk analyses—How detailed do we need to be? *Nat Hazards* 49(1):79–98. <https://doi.org/10.1007/s11069-008-9277-8>
- Asian Development Bank, (2007); Tajikistan: Emergency Flood Rehabilitation Project.
- Balica SF, Wright NG, van der Meulen F (2012). A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. *Nat Hazards* 64:73–105. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0234-1>
- Barroca B., P. Bervardara, J. Mouchel and G. Hubert (2006). Indicators for identification of urban flooding vulnerability. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, pp. 553-561.
- Bevacqua E., D. Maraun, I. Hobæk Haff, M. Widmann and M. Vrac (2017). Multivariate Statistical Modelling of Compound Events via Pair-Copula Constructions: Analysis of Floods in Ravenna (Italy). *Hydrology and Earth System Sciences*. <http://www.hydro-earthysyst-sci-discuss.net/hess-2016-652/>.
- BRE Digest, (2012). Flood-resilient building: Two part set (DG 523).
- Brink H.W. van den, G.P. Können, J.D. Opsteegh, G.J. van Oldenborgh and G. Burgers (2005). Estimating Return Periods of Extreme Events from ECMWF Seasonal Forecast Ensembles. *International Journal of Climatology*. <http://doi.wiley.com/10.1002/joc.1155>.
- Consortium CIRIA, (2007). Improving the Flood Performance of New Buildings (Flood Resilient Construction).
- Consórcio Guaíba (2011). Relatório de planejamento da elaboração da base cartográfica.
- Consórcio Guaíba (2012). Relatório final da execução da cobertura laser.
- Dias T. S. (2014). Análise das intervenções na morfologia original e na dinâmica geomorfomólica em áreas alagáveis no Município de Porto Alegre – RS.
- Dilling L., Morss R. and O. Wilhelmi (2017). Learning to Expect Surprise: Hurricanes Harvey, Irma, Maria, and Beyond. *Journal of Extreme Events*. <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S2345737617710014>.
- EC (2019). Global Flood Partnership. <https://gfp.jrc.ec.europa.eu/about-us>.
- English Heritage, (2015) Flooding and Historic Buildings.
- Environment Agency (2012). Managing Flood Risk Through London and the Thames Estuary. TE2100 Plan 27. OECD Working Papers on Public Governance. Thames Estuary 2100 Environment Agency. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/322061/LIT7540_43858f.pdf.
- EXCIMAP (2007). European exchange circle on flood mapping. Handbook on good practices for flood mapping in Europe. https://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/flood_atlas/pdf/handbook_goodpractice.pdf

-
- Federação Internacional das Sociedades da Cruz Vermelha e do Crescente Vermelho (2017). Vulnerability and Capacity Assessment (VCA) Guidelines. https://www.ifrc.org/Global/Publications/disasters/vca/Vca_en.pdf
- Hammond MJ, Chen AS, Djordjević S, Butler D, Mark O (2015) Urban flood impact assessment: a state-of-the-art review. *Urban Water J* 12(1):14–29. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2013.857421>
- Hasenack H.; Weber E.; Marcuzzo S. (2008). Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: Geologia, Solos, Drenagem, Vegetação e Ocupação. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, p. 84.
- Hasenack H.; Weber E.J.; Lucatelli L.M.L (2010). Base altimétrica vetorial contínua do município de Porto Alegre-RS na escala 1:1.000 para uso em sistemas de informação geográfica. Porto Alegre, UFRGS-IB-Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-03-6. <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>.
- Hawkes P. (2008). Joint Probability Analysis for Estimation of Extremes. *Journal of Hydraulic Research*.
- Hurk B. van den, E. van Meijgaard, P. de Valk, K. van Heeringen and J. Gooijer (2015). Analysis of a Compounding Surge and Precipitation Event in the Netherlands. *Environmental Research Letters*. <http://stacks.iop.org/1748-9326/10/i=3/a=035001>.
- IBGE (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acessado em 2 de julho de 2020. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/panorama>
- Ikeuchi H., Y. Hirabayashi, D. Yamazaki, S. Muis, P. Ward, H. Winsemius, M. Verlaan and S. Kanae (2017). Compound Simulation of Fluvial Floods and Storm Surges in a Global Coupled River-Coast Flood Model: Model Development and Its Application to 2007 Cyclone Sidr in Bangladesh: A Global Coupled River-Coast Flood Model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. <http://doi.wiley.com/10.1002/2017MS000943>.
- Juliao R., F. Nery, J.L. Ribeiro, M. Branco e J. Zêzere (2009). Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica de base municipal. ISBN: 978-989-96121-4-3 https://www.researchgate.net/publication/292310302_Guia_metodologico_para_a_producao_de_cartografia_municipal_de_risco_e_para_a_criacao_de_sistemas_de_informacao_geografica_de_base_municipal
- Kew, S.F., F.M. Selten, G. Lenderink and W. Hazeleger (2013). The Simultaneous Occurrence of Surge and Discharge Extremes for the Rhine Delta. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*.
- Klerk W., H. Winsemius, W. van Verseveld, A. Bakker and F. Diermanse (2015). The Co-Incidence of Storm Surges and Extreme Discharges within the Rhine–Meuse Delta. *Environmental Research Letters*. <http://stacks.iop.org/1748-9326/10/i=3/a=035005?key=crossref.287111c9edc05af173da8af5e197a05b>.
- Lian J.J., K. Xu and C. Ma (2013). Joint Impact of Rainfall and Tidal Level on Flood Risk in a Coastal City with a Complex River Network: A Case Study of Fuzhou City, China. *Hydrology and Earth System Sciences*. <https://doi.org/10.5194/hess-17-679-2013>.
- Loganathan G., C. Kuo and J. Yannacconc (1987). Joint Probability Distribution of Streamflows and Tides in Estuaries. *Hydrology Research*. <https://iwaponline.com/hr/article/18/4-5/237-246/3353>.
-

-
- Mebarki A., N. Valencia, J. Salagnac and B. Barroca (2012). Flood hazards and masonry constructions: a probabilistic framework for damage, risk and resilience at urban scale. *Nat Hazard Earth Syst Sci* 15(5):1799–1809. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-1799-2012>
- Miranda F.N., T.M. Ferreira (2019). A simplified approach for flood vulnerability assessment of historic sites. *Nat Hazards* 96:713–730. Doi:10.1007/s11069-018-03565-1.
- Muis S., M. Verlaan, H. Winsemius, J. Aerts and P. Ward (2016). A Global Reanalysis of Storm Surges and Extreme Sea Levels. *Nature Communications*. <http://www.nature.com/articles/ncomms11969>.
- National Park Service US, (2019). Guidelines on Flood Adaptation for Rehabilitating Historic Buildings.
- Navia F (2017) An approach for assessing flood risk in historic urban centres. M.Sc. thesis. Advanced Masters in Structural Analysis of Monuments and Historical Constructions (SAHC). University of Minho, Guimarães, Portugal
- Neto J. A. M. (2018). Estimativa de impacto das cheias de 1941, 1967 e 2015 em porto alegre na hipótese de inexistência do sistema de proteção contra cheias do lago guaíba. Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba (2017). Revista do Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba – março/2017 - Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba. http://comitedolagogaiba.com.br/wp-content/uploads/2017/08/Revista_planoLago_rev14-comp.pdf
- Prefeitura de Porto Alegre (2009). Projeto Viva o Centro. Síntese do Plano Estratégico – Reabilitação da Área Central de Porto Alegre. http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/vivaocentro/usu_doc/relatorio_vivoecentro.pdf
- Prefeitura de Porto Alegre (2014). Projeto Viva o Centro. Acesso em 8 de julho de 2020. http://www2.portoalegre.rs.gov.br/vivaocentro/default.php?p_secao=41
- Prefeitura de Porto Alegre (2015). Projeto Viva o Centro. Acesso em 2 de julho de 2020. http://www2.portoalegre.rs.gov.br/vivaocentro/default.php?reg=1&p_secao=19
- Prefeitura de Porto Alegre (2020). Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Acesso em 2 de julho de 2020. <https://prefeitura.poa.br/gp/projetos/conheca-porto-alegre>
- Pugh D.T. (1987). Tides, Surges and Mean Sea Level—A Handbook for Engineers and Scientists. *Geophysical Journal International*. <https://academic.oup.com/gji/article-lookup/doi/10.1111/j.1365-246X.1988.tb06710.x>.
- Rana I.A., J.K. Routray (2016). Actual vis-à-vis perceived risk of flood prone urban communities in Pakistan. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.08.028>
- Ranger N., A. Millner, S. Dietz, S. Fankhauser, A. Lopez and G. Ruta (2010). Adaptation in the UK: A Decision-Making Process. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Centre for Climate Change Economics and Policy. <http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2014/03/PB-Ranger-adaptation-UK.pdf>.
- Rauber, V. (1992) Prevenir é o melhor remédio. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, p. 47.
- Reckziegel E. W. (2018). Áreas com risco de inundação do lago guaíba e delta do Jacuí. Tese de Doutorado.
-

-
- Samuels P. and N. Burt (2002). A New Joint Probability Appraisal of Flood Risk. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water and Maritime Engineering. <http://www.icevirtuallibrary.com/doi/10.1680/wame.2002.154.2.109>.
- Santos, P. P.; A. O. Tavares; P. Freire; A. Rilo, (2018). Estuarine flooding in urban areas. Enhancing vulnerability assessment. Natural Hazards, Special Issue: Natural hazards, modelling, risk assessment and the role of scale. 93(S1): 77-95. doi: 10.1007/s11069-017-3067-0.
- Schanze J., E. Zeman, and J. Marsalek (2006). Flood Risk Management: Hazards, vulnerability and mitigation. Nato Science Series: IV. Schanze, J., Zeman, E., Marsalek, J. (Eds.), The Netherlands: Springer.
- Serviço Nacional de Meteorologia U.S.A (2020). (n.d.) National weather service Glossary. Acesso 1 de julho de 2020. <https://www.weather.gov/ggw/GlossaryF>
- State Historical Society of Wisconsin's (2009). Treatment of Flood-Damaged Older and Historic Buildings.
- Stephenson V, D'Ayala D (2014) A new approach to flood vulnerability assessment for historic buildings in England. Nat Hazards Earth Syst Sci. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-1035-2014>
- Sul21 (2015). Histórias e fotos da maior enchente de Porto Alegre. Acessado em 2 de julho de 2020. <https://www.sul21.com.br/em-destaque/2015/10/historias-e-fotos-da-maior-enchente-de-porto-alegre/>
- Svensson C. and D. Jones (2002). Dependence between Extreme Sea Surge, River Flow and Precipitation in Eastern Britain. International Journal of Climatology. <http://doi.wiley.com/10.1002/joc.794>.
- Svensson C. and D. Jones (2004). Dependence between Sea Surge, River Flow and Precipitation in South and West Britain. Hydrology and Earth System Sciences. <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/8/973/2004/>.
- UN/ISDR (2004). The United Nations/International Strategy for Disaster Reduction. Living with Risk A global review of disaster reduction initiatives. https://www.preventionweb.net/files/657_lwr1.pdf
https://www.preventionweb.net/files/657_lwr21.pdf
- UN/ISDR (2007). The United Nations/International Strategy for Disaster Reduction. United Nations documents related to disaster reduction 2000-2007: Advance copy.
- UN/ISDR (2009). The United Nations/International Strategy for Disaster Reduction. Terminology on Disaster Risk Reduction. https://www.preventionweb.net/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf
- UNDRR (2015). The United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Proposed Updated Terminology on Disaster Risk Reduction: A Technical Review.
- UNDRR (2019). The United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. https://gar.undrr.org/sites/default/files/reports/2019-05/full_gar_report.pdf
- Valenti E. S.; S. B. A. Rolim; R. S. Rocha, (2011). Modelo cartográfico digital temático para simulação e previsão de inundações no município de Porto Alegre – RS.
- Veyret Y., (2007). Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente.
- Vörösmarty C. J., E. M. Douglas, P. A. Green, and C. Revenga (2005). Geospatial indicators of emerging water stress: An application to Africa, *Ambio*, pp. 230–236. doi:10.1579/0044-7447-34.3.230.
-

-
- Westen C.J. T.W.J. Van Asch and R. Soeters, (2016) Landslide hazard and risk zonation: why is it still so difficult?, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, pp. 167 – 184.
- Wrachien D., S. Mambretti and B. Schultz (2011). Food management and risk assessment in floodprone areas: Measures and solutions. *Irrigation and Drainage*, pp. 229-240.
- Yamazaki D., S. Kanae, H. Kim and T. Oki (2011). A Physically Based Description of Floodplain Inundation Dynamics in a Global River Routing Model: Floodplain Inundation Dynamics. <http://doi.wiley.com/10.1029/2010WR009726>.
- Zanardi R. P. et al. (2014). Análise da qualidade dos modelos digitais de terreno e de superfície do município de Porto Alegre. <https://www.researchgate.net/publication/274001028>.
- Zheng F., S. Westra, M. Leonard. and S. Sisson (2014). Modeling Dependence between Extreme Rainfall and Storm Surge to Estimate Coastal Flooding Risk. *Water Resources Research*. <http://doi.wiley.com/10.1002/2013WR014616>.
- Zheng Z, Qi S, Xu Y (2013) Questionable frequent occurrence of urban flood hazards in modern cities of China. *Nat Hazards* 65:1009–1010. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0397-9>
- Zscheischler J., S. Westra, B. Hurk, S. Seneviratne, P. Ward, A. Pitman, A. AghaKouchak, et al. (2018). Future Climate Risk from Compound Events. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0156-3>.