

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ  
ESCOLA DE ARQUITETURA E DESIGN  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO URBANA**

**STÉPHANIE LOUISE INÁCIO CASTRO**

**ANÁLISE DE MÉTODOS DIRETOS DE AVALIAÇÃO DE PERDAS E DANOS E  
SEU PAPEL NA GESTÃO DE INUNDAÇÕES**

**CURITIBA**

**2016**

**STÉPHANIE LOUISE INÁCIO CASTRO**

**ANÁLISE DE MÉTODOS DIRETOS DE AVALIAÇÃO DE PREJUÍZOS E SEU  
PAPEL NA GESTÃO DE INUNDAÇÕES URBANAS NO ESTADO DO PARANÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Gestão Urbana.

Orientador: Prof. Dr. Edilberto Nunes de Moura

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Mello Garcias

**CURITIBA**

**2016**

Dados da Catalogação na Publicação  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR  
Biblioteca Central

C355a Castro, Stéphanie Louise Inácio  
2016 Análise de métodos diretos de avaliação de perdas e danos e seu papel na gestão de inundações / Stéphanie Louise Inácio Castro ; orientador, Edilberto Nunes de Moura ; co-orientador, Carlos Mello Garcias. – 2016.  
x. 96 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Curitiba, 2016  
Bibliografia: p. 89-96

1. Controle de inundações. 2. Planejamento urbano. 3. Mudanças climáticas.  
I. Moura, Edilberto Nunes de. II. Garcias, Carlos Mello. III. Pontifícia  
Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Gestão  
Urbana. IV. Título.

CDD 20. ed. – 711.4

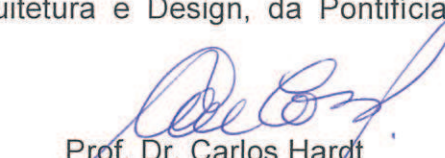
TERMO DE APROVAÇÃO

“ANÁLISE DE MÉTODOS DIRETOS DE AVALIAÇÃO DE PERDAS E DANOS E SEU  
PAPEL NA GESTÃO DE INUNDAÇÕES”

Por

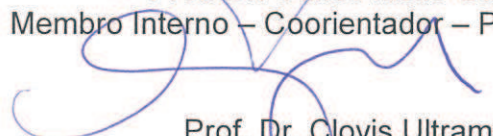
**STÉPHANIE LOUISE INÁCIO CASTRO**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, área de concentração em Gestão Urbana, da Escola de Arquitetura e Design, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

  
Prof. Dr. Carlos Hardt  
Coordenador do Programa – PUCPR

  
Prof. Dr. Edilberto Nunes de Moura  
Orientador – PPGTU/PUCPR

  
Prof. Dr. Carlos Mello Garcias  
Membro Interno – Coorientador – PPGTU/PUCPR

  
Prof. Dr. Clovis Ultramar  
Membro Interno – PPGTU/PUCPR

  
Prof.ª Dra. Zulma das Graças Lucena Schussel  
Membro Interno – PPGTU/PUCPR

  
Prof. Dr. Francisco de Assis Dourado da Silva  
Membro Externo – UERJ

Curitiba, 17 de fevereiro de 2016.

A Alessandro Bertolino,  
pela paciência e ajuda.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me dar força para concluir este trabalho. Precisei muito.

À minha família, que mesmo de longe esteve comigo em todos os momentos, pelas ligações, carinho e cobranças eventuais (“E a dissertação? Tá pronta?”).

Aos amigos, de perto, de longe e de ainda mais longe, pelas conversas, risadas e por fornecerem ombros muito amigos.

Ao meu orientador Edilberto Nunes de Moura e ao meu co-orientador Carlos Mello Garcias que me auxiliaram a encontrar os caminhos para o final do túnel. Digo, da dissertação.

Aos entrevistados, Eduardo Pinheiro, Paulo Franco e Carlos Alberto Galerani pela disponibilidade, atenção, cordialidade e as muitas contribuições ao trabalho.

Aos professores Clovis Ultramari, Zulma Schussel e Francisco Dourado, pela disponibilidade em participar da comissão examinadora e pelas contribuições à pesquisa.

Agradeço especialmente ao meu namorado Alessandro Bertolino que me aguentou, suportou, entendeu e ajudou. E teve muita paciência em todo o processo. Ele sabe que esse trabalho é um pouquinho dele.

“NÃO ENTRE EM PÂNICO”

(Douglas Adams, 2004, p. 6)

## RESUMO

As inundações figuram como uma das tipologias de desastre mais recorrentes no Brasil, e uma das que causam maiores perdas financeiras. Verifica-se a necessidade de maior consideração das inundações devido à expressividade deste tipo de evento no país e o volume das perdas financeiras causadas. Neste trabalho foi realizada a análise de métodos que possibilitam a avaliação dos prejuízos causados pelas inundações urbanas, com as possibilidades de utilização dessa avaliação na gestão de inundações no Brasil e no Paraná. Para o cumprimento deste objetivo foi realizada a classificação e a análise dos métodos de avaliação, com base em suas características comuns e pela elaboração da Matriz de Requisitos, e a discussão da gestão de inundações no estado do Paraná, com base nas análises anteriores e em entrevistas com representantes de órgãos estaduais. A classificação apresentou três categorias distintas, Formulários, Curvas de Prejuízo e Modelagem. A Matriz de Requisitos confirmou a classificação realizada e demonstrou que a categoria Modelagem é a que apresenta maior dificuldade de aplicação, mas retorna melhores resultados. A análise da gestão de inundações do estado do Paraná demonstrou que atualmente os órgãos não fazem uso das estimativas oficiais de prejuízo, porém há possibilidades de utilização para a melhoria da gestão. Com a conclusão da pesquisa pode-se verificar que o caminho para melhoria da gestão de inundações urbanas passa pelo desenvolvimento de curvas de prejuízos com a posterior utilização de métodos de modelagem. Os benefícios da utilização dessas categorias referem-se à melhoria na gestão das inundações, que teria um instrumento mais seguro de avaliação, e à formação de banco de dados históricos, que pode ser utilizado para outras pesquisas e análises comparativas.

**Palavras-chave:** Avaliação de prejuízos. Inundações Urbanas.



## ABSTRACT

Floods figure as one of the most frequent type of disasters in Brazil, and one of causing major economic losses. There is a need for greater consideration of floods due to expression of this type of event in the country and the amount of damages. This work was performed the analysis of methods that allow the assessment of damage caused by urban floods, with the possibility of using this assessment on flood management in Brazil and Paraná. To fulfill this goal was realized the classification and analysis of assessment methods, based on their common characteristics and drafting Requirements Matrix, and the discussion of flood management in the state of Paraná, based on previous analyzes and interviews with representatives of state agencies. The classification has three distinct categories, Forms, loss curves and Modelling. The Requirements Matrix confirmed the classification performed and showed that the category Modelling is more difficult to apply, but returns better results. Analysis of flood management in the state of Paraná showed that currently the organs do not use the official estimates of damage, but there are beneficial uses for improving the management. With the conclusion of the research can be seen that the way to improve the management of urban flooding goes through development of losses curves with the subsequent use of modeling methods. The benefits of using these categories refer to the improvement in the management of floods, which would have a safer assessment tool, and the formation of historical database which can be used for other research and comparative analyzes.

**Key-words:** Loss assessment. Urban flooding.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ocorrências de Inundações no mundo, por ano .....	12
Figura 2 - Prejuízos causados por inundações no mundo, por ano .....	12
Figura 3 – Seções de escoamento.....	20
Figura 4 - Exemplos de hidrogramas .....	22
Figura 5 – Interferências antrópicas nos hidrogramas de cheia.....	24
Figura 6 - Interferências da urbanização nos hidrogramas de cheia.....	25
Figura 7 - Parque São Lourenço (à esquerda) e Passeio Público (à direita) .....	41
Figura 8 - Parque Barigui .....	41
Figura 9 - Inundação no Parque Barigui em 2014.....	41
Figura 10 - Exemplo de medida de baixo impacto para retenção do escoamento superficial.....	43
Figura 11 - Exemplo de medida de baixo impacto para retenção do escoamento superficial.....	43
Figura 12 - Valores repassados pela União para prevenção e resposta a desastres	46
Figura 13 - Relação entre as três categorias de métodos.....	78
Quadro 1 - Classificação dos desastres quanto à intensidade.....	17
Quadro 2 - Classificação dos desastres quanto à intensidade.....	18
Quadro 3 - Exemplos e classificação de danos ocasionados por inundações .....	30
Quadro 4 - Danos às residências.....	31
Quadro 5 - Danos à saúde da população.....	34
Quadro 6 - Fases do Gerenciamento de Desastres Naturais.....	39
Quadro 7 - Medidas não-estruturais.....	44
Quadro 8 - Síntese do método DaLA .....	53
Quadro 9 - Tipologias de danos avaliadas pelo AVADAN.....	63
Quadro 10 - Tipologias de danos avaliadas pelo FIDE .....	64
Quadro 11 - Estrutura da pesquisa .....	70
Quadro 12 - Listagem e detalhes dos Requisitos.....	72
Quadro 13 - Estrutura da Matriz de Requisitos .....	73
Quadro 14 - Classificação dos métodos de avaliação de prejuízos causados por inundações urbanas .....	78
Quadro 15 - Matriz de Requisitos.....	80
Quadro 16 - Entrevistas: Pautas 1 a 3 .....	83

Quadro 17 - Entrevistas: Pauta 4 .....	85
Tabela 1 - Valores repassados pela União para prevenção e resposta a desastres.	46

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO .....	11
1.2	OBJETIVOS .....	13
1.3	JUSTIFICATIVA.....	14
<b>2</b>	<b>GESTÃO DE INUNDAÇÕES URBANAS.....</b>	<b>16</b>
2.1	O DESASTRE NATURAL.....	16
2.2	O FENÔMENO NATURAL .....	19
2.3	POTENCIALIZANDO O DESASTRE: AÇÃO HUMANA COMO FATOR AGRAVANTE DAS INUNDAÇÕES .....	22
2.4	DANOS ASSOCIADOS ÀS INUNDAÇÕES URBANAS .....	27
2.5	GESTÃO DE INUNDAÇÕES URBANAS NO BRASIL.....	38
<b>3</b>	<b>AVALIAÇÃO DE PREJUÍZOS CAUSADOS POR INUNDAÇÕES .....</b>	<b>49</b>
3.1	A EXPERIÊNCIA LATINO-AMERICANA: DALA.....	50
3.2	CURVAS DE PREJUÍZO (DIVERSOS PAÍSES) .....	54
3.3	A EXPERIÊNCIA NORTE-AMERICANA: HEC-FDA E HAZUS-MH .....	57
3.4	A EXPERIÊNCIA INGLESA: ESTDAM E MDSF .....	58
3.5	A EXPERIÊNCIA AUSTRALIANA: ANUFLOOD.....	60
3.6	A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA: AVADAN E FIDE.....	61
3.7	FERRAMENTAS DE SUPORTE À AVALIAÇÃO DE PREJUÍZOS.....	65
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>69</b>
4.1	ESTRUTURA DA PESQUISA .....	69
4.2	MÉTODOS DA PESQUISA .....	70
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>76</b>
5.1	CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PREJUÍZOS CAUSADOS POR INUNDAÇÕES URBANAS .....	76
5.2	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PREJUÍZOS E A GESTÃO DE INUNDAÇÕES NO PARANÁ .....	81
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>87</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>89</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

A água, como elemento indispensável à vida humana, tem sido fator importante na localização e desenvolvimento das cidades. Historicamente, grandes civilizações se desenvolveram e prosperaram às margens de rios, pelas diversas vantagens que essa proximidade trazia, como a fertilização do solo o abastecimento da população com água para consumo e também o relevo plano dessas áreas. Ao longo do desenvolvimento humano, a água passou a ter também outros usos como a geração de energia, utilização por indústrias, para transporte, entre outros. (GARCIAS et al., 2010).

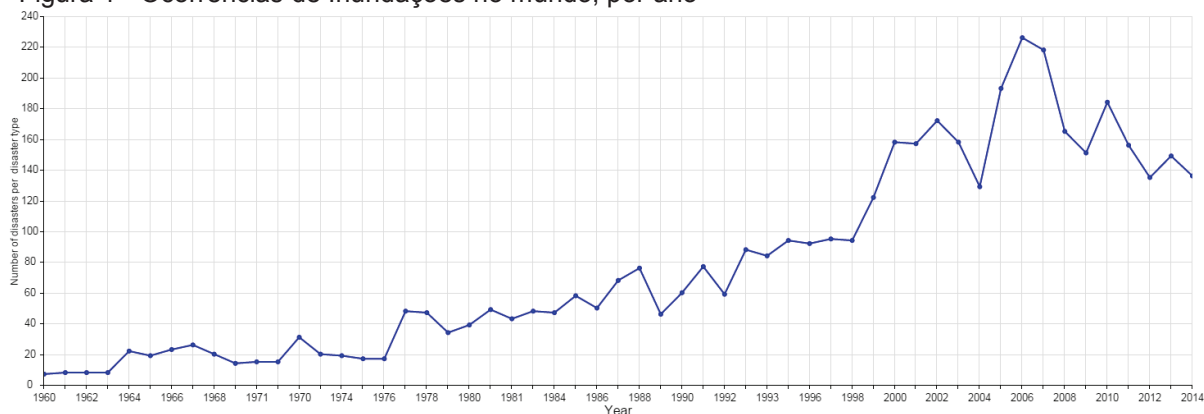
Porém, a relação das cidades com os cursos d'água foi se modificando, à medida que o adensamento e as modificações do ambiente se intensificaram. Uma das consequências da urbanização é o aumento dos danos causados pelas inundações, que, antes vistas como benéficas, passaram a atingir áreas ocupadas, provocando de forma recorrente perdas humanas e materiais. Costa e Teuber (2001, p. 36) afirmam que “a medida em que o próprio homem modifica o equilíbrio natural dos caminhos de drenagem, desmata e ocupa o solo indevidamente, as consequências são voltadas contra seu próprio bem estar e suas economias” (COSTA; TEUBER, 2001, p. 36).

Os dados registrados no *Emergency Events Database* (EM-DAT), um banco de dados internacional de desastres naturais e tecnológicos, permitem constatar que o Brasil é um dos países consideravelmente afetados por desastres naturais, e um dos mais afetados por inundações no mundo. Embora não seja um banco de dados adequado para detalhar os desastres locais, é útil para a comparação do Brasil com os demais países, possibilitando uma visão ampla da questão.

Dentre todos os desastres registrados no EM-DAT no período de 1900 a 2015, as inundações representam 33% das ocorrências e 24,7% dos prejuízos totais, com 4.481 eventos cadastrados e um prejuízo de aproximadamente 680 bilhões de dólares. O mesmo verifica-se no Brasil, onde as inundações correspondem a 58% do total de desastres cadastrados, com um prejuízo de aproximadamente 9 bilhões de dólares, 40,8% do total de prejuízos causados por desastres no país (OFDA/CRED, 2015).

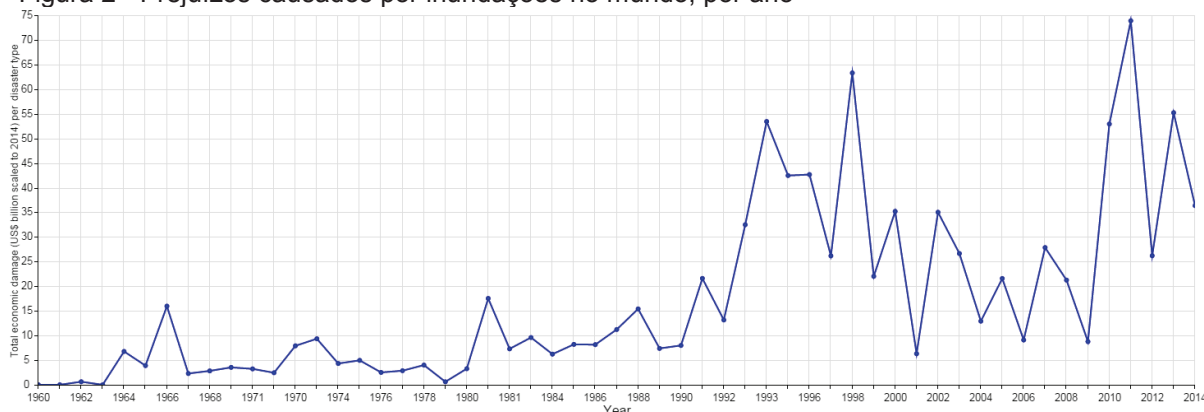
Kobiyama et al. (2004) afirmam que as inundações têm-se intensificado devido ao mau gerenciamento das bacias hidrográficas, especialmente pelos processos de urbanização, e também pelo fenômeno das mudanças climáticas, que aumenta a frequência ou a intensidade dos eventos climáticos em determinadas regiões. De acordo com o IPCC (2007), com este fenômeno os desastres associados às instabilidades atmosféricas severas tendem a aumentar, destacando-se as tempestades e inundações na Região Sul e Sudeste. Essa tendência se reflete a nível mundial, com aumento das ocorrências de inundações e conseqüentemente, dos prejuízos resultantes, conforme pode-se verificar na Figura 1 e na Figura 2.

Figura 1 - Ocorrências de Inundações no mundo, por ano



Fonte: OFDA/CRED, 2015.

Figura 2 - Prejuízos causados por inundações no mundo, por ano



Fonte: OFDA/CRED, 2015.

Nota: Valores em dólares ajustados para o ano de 2014.

Embora o EM-DAT tenha sido desenvolvido a nível mundial e não possua a escala mais adequada para análise a nível nacional, os dados indicam uma tendência de aumento nas ocorrências de inundações, com o conseqüente aumento

dos prejuízos causados. Esse aumento não reflete, necessariamente, um aumento de ocorrências de inundação. Fatores como o aumento da velocidade e acesso à informação e a maior ocupação das áreas atingidas influenciam na tendência de aumento de registros.

No Brasil, o crescimento urbano é um fator a ser considerado no estudo das inundações. Segundo Tucci (2005), as regiões urbanas são mais favoráveis a inundações, pois além do solo ser impedido, devido à pavimentação, de absorver a água das chuvas, a vegetação também é insuficiente para cumprir seu papel de reter e absorver as águas. Bertolino (2013, p. 34) afirma ainda que “dentro das cidades, espaços ocupados tornam-se potencialmente suscetíveis a episódios de ordem natural”, e assim, para alguns eventos como inundações, alagamentos e deslizamentos, o risco é maximizado pelo homem através da impermeabilização do solo e pela ocupação de áreas impróprias.

Diante do exposto, verifica-se a necessidade de maior consideração das inundações devido à expressividade deste tipo de evento no país. Mesmo com a utilização de métodos imprecisos de estimativa, que em geral retornam valores subdimensionados, as perdas financeiras identificadas são significativas. Além disso, com a concentração da população nos centros urbanos, mais suscetíveis a estes desastres, o problema, além de econômico, é também social e a gestão das inundações deve ser realizada de forma a proteger a população vulnerável e administrar de forma mais eficiente os recursos empregados.

Neste trabalho foi realizada a análise de métodos diretos, que possibilitam a avaliação dos prejuízos causados pelas inundações urbanas. Além da análise dos métodos em si, buscou-se o estudo das possibilidades de utilização dos resultados desses métodos na gestão de inundações urbanas. Com isso, foram verificados os desafios e possibilidades futuras para a avaliação de prejuízos causados por inundações urbanas no Brasil.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa foi analisar métodos diretos de avaliação de perdas e danos e seu papel na gestão de inundações.

Os objetivos específicos do trabalho foram:

- a) Estudar os danos causados pelas inundações urbanas e as formas de gestão utilizadas no Brasil;
- b) Detalhar os métodos diretos de avaliação de prejuízos a serem analisados;
- c) Classificar os métodos diretos de avaliação de prejuízos causados por inundações urbanas;
- d) Analisar os métodos diretos de avaliação de prejuízos causados por inundações urbanas;
- e) Analisar a utilização de estimativas de prejuízo na gestão de inundações urbanas.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

As inundações são um dos processos perigosos cujas consequências são potencializadas pela ação humana. Dentre essas consequências, pode-se citar a perda de vidas, degradação da saúde coletiva, perdas materiais e impactos no processo produtivo (LIMA-QUEIROZ et al., 2003).

A avaliação dos danos permite estimar o prejuízo, que é a expressão monetária do dano, e para tanto devem ser utilizados métodos de avaliação de prejuízos. Quanto mais preciso o método adotado, melhor será a gestão dos recursos e, portanto, a tomada de decisão em relação a medidas preventivas e protetivas pode ser feita de forma mais eficaz. Côrtes (2009) afirma que essa avaliação é fundamental para o processo de gerenciamento dos recursos financeiros, normalmente limitados, destinados à gestão do desastre, e, para Tachini (2010), a avaliação permite priorizar políticas públicas de prevenção aos bens públicos e privados, desenvolver ferramentas de análise de custo-benefício para medidas de controle de inundações e ainda viabilizar a criação de sistemas de seguro contra inundações.

A gestão das inundações urbanas envolve o equilíbrio entre as ações preventivas (como a regulação da ocupação das áreas de risco) e corretivas (como o controle na forma do sistema de drenagem urbana), além das ações de resposta durante e logo após o evento. Righetto (2005), analisando dados da UNESCO, afirma que para cada 100 dólares aplicados pela comunidade internacional em risco e desastres, 96 dólares são utilizados para resposta e reconstrução, e apenas 4



dólares em prevenção. Embora a qualidade dos dados não seja o único fator influente nas decisões políticas, a avaliação mais precisa dos prejuízos causados poderia auxiliar no equilíbrio desse quadro, servindo de apoio a tomada de decisão em relação às medidas preventivas.

No Brasil, esta avaliação é feita de forma simplista com a utilização do Formulário de Informações de Desastre (FIDE) que deve ser preenchido em até 10 dias após a ocorrência do mesmo. Este curto período não permite que a análise seja realizada de forma aprofundada e desconsidera diversos danos que ocorrem em um prazo mais longo. Por não seguir uma metodologia rígida de preenchimento os valores podem ainda ser subestimados ou superestimados, a depender da experiência do avaliador.

Pinheiro e Garcias (2014, p. 212) afirmam que a adoção do FIDE como método para avaliação dos danos e prejuízos no Brasil é questionável, já que “num país em desenvolvimento que tem apresentado sucessivo aumento no número de desastres, deveria haver interesse em mensurar de forma mais precisa os seus reais impactos sobre a sociedade e, principalmente, sobre o desenvolvimento do País”.

Diversos estudos no Brasil têm buscado demonstrar formas mais eficientes de estimativa de prejuízos causados por inundações, porém ainda se restringem à academia e não são adotados oficialmente. Além disto, foi verificada a carência de trabalhos no país que tratem dos benefícios da estimativa de prejuízos e dos requisitos necessários para sua aplicação. Além disso, poucos estudos possuem foco na gestão pública, embora existam diversos trabalhos sobre a utilização desse tipo de dado para instituição de seguros contra inundações.

O propósito desta pesquisa é contribuir para a redução dessa carência, buscando demonstrar os benefícios que a adoção de novas técnicas poderia trazer para a gestão de inundações urbanas no Paraná, mas também demonstrar o esforço necessário para se atingir esse patamar.

## 2 GESTÃO DE INUNDAÇÕES URBANAS

### 2.1 O DESASTRE NATURAL

As inundações, assim como outros fenômenos naturais, são recorrentes e influenciadas pelas características do local tais como pedologia, geomorfologia, condições meteorológicas, entre outros. Além das inundações, deslizamentos, desmoronamentos e enxurradas são outros fenômenos que podem alterar o ecossistema onde acontecem. Quando estes fenômenos intensos ocorrem em locais ocupados e resultam em prejuízos materiais e humanos, chamam a atenção da sociedade e são tratados como ‘desastres naturais’ (KOBAYAMA et al., 2006).

Castro (2009, p. 57) define desastre como sendo “resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais”.

Já a *United Nation International Strategy for Disaster Reduction* (UNISDR, 2009, p. 13-14) apresenta a seguinte definição para desastre:

uma séria interrupção no funcionamento de uma comunidade ou sociedade que ocasiona uma grande quantidade de mortes e igual perda e impactos materiais, econômicos e ambientais que excedem a capacidade de uma comunidade ou a sociedade afetada para fazer frente à situação mediante o uso de seus próprios recursos.

A Instrução Normativa nº 01 do Ministério da Integração Nacional, que se refere à decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública, define desastre como:

resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um cenário vulnerável, causando grave perturbação ao funcionamento de uma comunidade ou sociedade envolvendo extensivas perdas e danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais, que excede a sua capacidade de lidar com o problema usando meios próprios (BRASIL, 2012a).

Pelas definições apresentadas pode-se perceber que os desastres naturais são situações causadas por processos naturais que prejudicam de alguma forma seres humanos, suas atividades e o meio ambiente. Além das definições de desastre é importante conhecer também as diferentes classificações e suas variações. De acordo com Barcellos (2013) deve-se classificar um desastre para se

conhecer os possíveis efeitos principais para que as melhores ações possam ser vislumbradas, e assim consiga-se uma resposta mais rápida.

Os desastres podem ser diferenciados entre si quanto à intensidade, a evolução, a origem e a periodicidade. Em 2012, o Ministério da Integração Nacional por meio da Instrução Normativa nº 01, modificou a classificação oficial dos desastres no Brasil, porém, devido à demora na adaptação das diversas entidades que utilizam essas definições e à quantidade de materiais de referência existentes, a classificação anterior ainda é bastante difundida, sendo apresentada neste trabalho para comparação.

Quanto à intensidade, os desastres eram classificados em 4 níveis. Segundo Castro (1999), os níveis I e II são desastres facilmente superáveis pelo município, não havendo necessidade de recursos proveniente do estado ou da união. O nível III significa que a situação de funcionalidade pode ser restabelecida com os recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. Neste nível, o município declara Situação de Emergência. O nível IV significa que o desastre não é superável pelos municípios, mesmo quando bem informados e preparados. Nesta situação, ocorre a decretação do Estado de Calamidade Pública. A separação dos desastres com base nesta classificação pode ser observada no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos desastres quanto à intensidade

<b>Nível</b>	<b>Intensidade</b>	<b>Situação</b>
<b>I</b>	Desastre de pequeno porte, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. <b>(Prejuízo ≤ 5 % PIB municipal)</b>	Facilmente superável com os recursos do município.
<b>II</b>	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. <b>(5% &lt; Prejuízo ≤ 10% PIB)</b>	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial.
<b>III</b>	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos. <b>(10 % &lt; Prejuízo ≤ 30% PIB)</b>	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. <b>(Situação de Emergência – SE)</b>
<b>IV</b>	Com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. <b>(Prejuízo &gt; 30% PIB)</b>	Não é superável pelo município, sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional. <b>(Estado de Calamidade Pública – ECP)</b>

Fonte: Kobiyama et al., 2006.

A Instrução Normativa nº 01/2012 classifica os desastres quanto à intensidade em somente dois níveis: nível I, para desastres de média intensidade; e

nível II para desastres de grande intensidade. Segundo esta instrução normativa os desastres de nível I são aqueles em que os recursos do governo local, sozinhos ou com complementação estadual ou federal, são suficientes para reestabelecer a normalidade. Já nos desastres de nível II são necessários auxílio e ação coordenada estadual ou federal e em alguns casos até mesmo internacional (BRASIL, 2012a). Esta classificação pode ser vista no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação dos desastres quanto à intensidade

<b>Nível</b>	<b>Intensidade</b>	<b>Situação</b>
<b>I</b>	Danos e prejuízos são suportáveis e superáveis pelos governos locais e a situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos mobilizados em nível local ou complementados com o aporte de recursos estaduais e federais	Pode ser decretada situação de Emergência.
<b>II</b>	Danos e prejuízos não são superáveis e suportáveis pelos governos locais, mesmo quando bem preparados, e o restabelecimento da situação de normalidade depende da mobilização e da ação coordenada das três esferas de atuação do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, ou até de auxílio internacional.	Pode ser decretada situação de Calamidade Pública.

Fonte: Adaptado de Brasil, 2012a.

Quanto à evolução os desastres naturais eram classificados em súbitos, graduais e causados por somação de efeitos parciais. Os desastres súbitos são aqueles que se caracterizam pela rápida velocidade com que o processo evolui, como por exemplo, as inundações bruscas e os furacões. Já os desastres graduais caracterizam-se por evoluírem em etapas de agravamento progressivo, como as inundações graduais e as secas. Já os causados por somação de efeitos parciais caracterizam-se pela ocorrência de acidentes semelhantes, que quando tem seu impacto somado definem um desastre de grande proporção, como os acidentes de trânsito e de trabalho (CASTRO, 1999). A instrução normativa não considera os desastres por somação de efeitos parciais, mas manteve a classificação em súbitos e graduais, destacando-se que os desastres súbitos e graduais podem ser também denominados de desastres de evolução aguda e de evolução crônica, respectivamente (BRASIL, 2012a).

Quanto à origem os desastres eram classificados em três tipos. Os desastres naturais são os provocados por fenômenos naturais extremos, que independem da ação humana. Os desastres de origem humana são causados pela ação ou omissão humana, como os acidentes de trânsito e a contaminação produtos químicos. Os desastres podem possuir ainda origem mista, quando associados às ações ou

omissões humanas, que contribuem para intensificar, complicar ou agravar os desastres naturais (CASTRO, 1999).

Kobiyama et al. (2006) sobre esta classificação comenta que praticamente todos os chamados desastres naturais são na verdade mistos, pois sempre sofrem certa influência antrópica, e assim a alcunha 'desastre natural' é adotada para todos os que possuem como gênese os fenômenos naturais extremos, agravados ou não pelas atividades humanas. A Instrução Normativa n° 01 (BRASIL, 2012a) apresenta a classificação em desastres naturais e desastres tecnológicos, sendo que a definição de desastre natural concorda com o descrito por Kobiyama et al. (2006) e os desastres tecnológicos correspondem à definição de desastres humanos de Castro (1999), citada anteriormente.

A referida instrução apresenta ainda a classificação dos desastres em relação à periodicidade, podendo ser: esporádicos, quando tem limitada previsão e ocorrem de forma esparsa; e de caráter cíclico ou sazonal, considerados recorrentes e que tem relação com as estações do ano e seus fenômenos (BRASIL, 2012a).

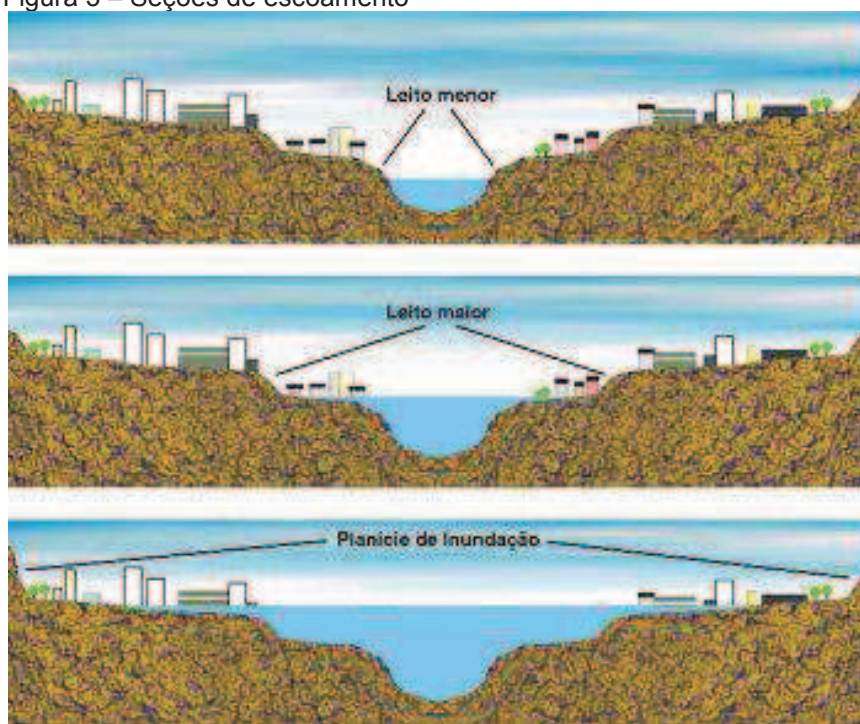
Observando-se as definições e classificações apresentadas, as inundações urbanas são consideradas um desastre de origem natural, sendo agravado pelas ações antrópicas, que podem possuir diferentes graus de intensidade, ser súbitas ou graduais, e apresentam caráter cíclico.

## 2.2 O FENÔMENO NATURAL

Considera-se a enchente como o aumento do nível regular dos cursos de água, na qual o rio ocupa seu leito maior, sem que ocorra o extravasamento da sua calha. É um fenômeno natural e sazonal que pode ocorrer em áreas urbanas ou rurais, independente da dimensão do corpo hídrico, podendo ser observado em todos os cursos de água. A partir do momento em que as águas extravasam a calha dos rios e atingem as áreas de várzea próximas ao curso d'água, tem-se a inundação. Da mesma forma que as enchentes, as inundações são fenômenos naturais e não evidenciam um desastre (PINHEIRO, 2007).

A Figura 3 demonstra as seções de escoamento citadas, onde as águas no leito maior caracterizam uma enchente, e na área de várzea caracterizam a inundação.

Figura 3 – Seções de escoamento



Fonte: Bertolino, 2013.

De acordo com Costa e Teuber (2001), o fenômeno das inundações em geral deve-se às chuvas, que são parte de um complexo sistema, o ciclo hidrológico. Uma parte fundamental deste ciclo é composta pelas precipitações, que podem ser classificadas em três tipos, sendo: precipitações orográficas, decorrentes do barramento de massas de ar úmido por montanhas ou cordilheiras, podendo gerar chuvas muito intensas; precipitações ciclônicas, criadas pelo encontro de massas de ar com diferentes temperaturas, sendo em geral pouco intensas e muito duráveis; e precipitações convectivas, formadas por convecção térmica e caracterizadas por chuvas intensas em períodos curtos. Os autores relatam ainda a dinâmica das águas de chuva a partir do início de uma precipitação:

- a) No início da precipitação há uma gradativa interceptação das águas pela vegetação e retenção nas depressões do terreno. Há também a infiltração no solo, com a percolação para reservatórios subterrâneos, e as primeiras manifestações do escoamento superficial;
- b) A porção da água infiltrada no solo dá origem a dois tipos de escoamento: o sub-superficial, que ocorre em terrenos mais inclinados e é proveniente das camadas mais rasas do solo; e o escoamento base, muito mais lento,

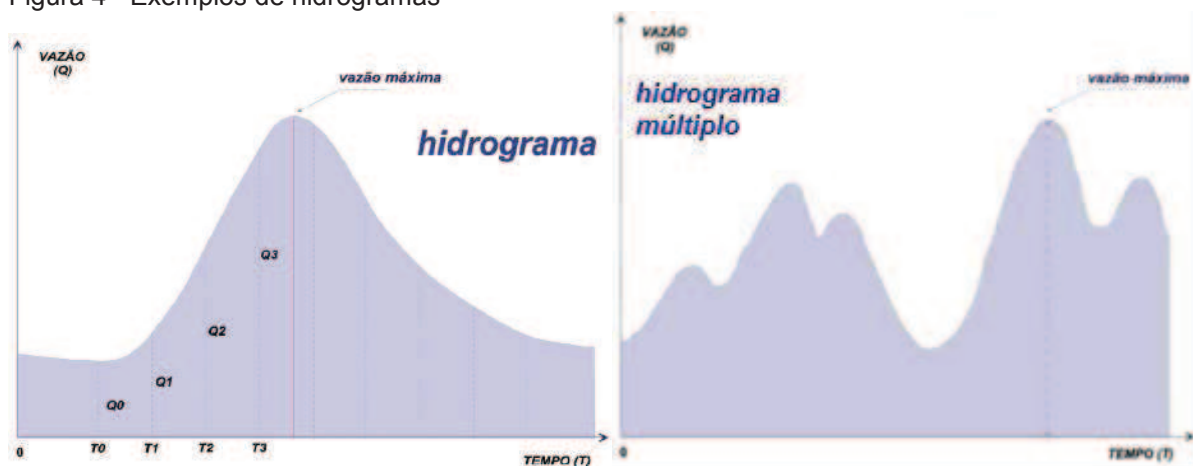
decorrente da água acumulada nas zonas de saturação do solo, que flui aos poucos para o curso d'água;

- c) A infiltração é mais intensa no início da chuva, quando o solo está menos úmido. A taxa de infiltração vai gradativamente crescendo até um quadro de equilíbrio quando permanece praticamente constante. Se a chuva continua com intensidade superior à taxa de infiltração, o solo fica saturado e reage quase como uma área impermeável;
- d) Toda a chuva adicional escoar na superfície, preenchendo as depressões e áreas de acumulação natural e transbordando para os terrenos próximos, formando o escoamento superficial direto, que deve-se às águas que não se infiltraram e não ficaram retidas nas depressões e na vegetação. Essas águas percorrem os caminhos de drenagem natural ou artificial até atingirem o curso de água principal, avolumando o escoamento no sentido das áreas mais baixas.
- e) Após a chuva, a água retida na vegetação e nas depressões do terreno passa pelo processo de evaporação, aumentando a umidade da atmosfera e durante os períodos de estiagem a descarga base continua a abastecer os corpos d'água.

Ainda segundo Costa e Teuber (2001), dependendo da intensidade da chuva, em determinado momento, tanto o escoamento superficial, quanto o sub-superficial e o de base estarão contribuindo ao mesmo tempo para o curso de água, porém o atingem em tempos distintos. O escoamento superficial chega aos cursos d'água mais rapidamente e com maior volume; o sub-superficial chega em seguida, com um volume menor; e por último chega a contribuição do escoamento base.

Essas contribuições podem ser representadas graficamente por um hidrograma, que relaciona a vazão (eixo das ordenadas) com o tempo (eixo das abcissas). Os hidrogramas podem ser simples, quando representam a contribuição da precipitação para formação de um pico de vazão. Porém, como as chuvas apresentam variações na distribuição temporal e espacial, os hidrogramas reais são compostos (também chamados de múltiplos), demonstrando as variações da vazão na seção estudada. A Figura 4 apresenta exemplos de um hidrograma simples e um múltiplo.

Figura 4 - Exemplos de hidrogramas



Fonte: Costa e Teuber, 2001.

O escoamento superficial é o principal responsável pela formação das cheias e é determinado pelo tipo de cobertura do solo. Assim, a impermeabilização é o principal agravante das inundações, enquanto áreas vegetadas e permeáveis, que permitem maior retenção vegetal e infiltração, reduzem as chances de ocorrência de inundações e, por reterem a água por maior tempo na região da precipitação, amenizam também os efeitos das estiagens (COSTA; TEUBER, 2001; TUCCI, 2004; PINHEIRO, 2007; BERTOLINO, 2013).

### 2.3 POTENCIALIZANDO O DESASTRE: AÇÃO HUMANA COMO FATOR AGRAVANTE DAS INUNDAÇÕES

Quando ocorrem no ambiente natural, as cheias são benéficas e influem na fauna, na flora e nas atividades humanas. Porém, “a medida em que o próprio homem modifica o equilíbrio natural dos caminhos de drenagem, desmata e ocupa o solo indevidamente, as consequências são voltadas contra seu próprio bem estar e suas economias” (COSTA; TEUBER, 2001, p. 36).

Diversos fatores naturais influem na formação dos hidrogramas de cheia, como as características físicas da bacia hidrográfica (formato da bacia, área de drenagem, tipo de solo, cobertura vegetal, declividades) e os fatores climáticos. As interferências humanas em alguns desses fatores modificam os hidrogramas naturais (PINHEIRO, 2007).

Dentre esses fatores, os mais modificados pela ação humana referem-se à cobertura do solo, com a retirada da vegetação, que possui importante papel no



amortecimento dos hidrogramas, e a impermeabilização do solo, alterando os hidrogramas de cheia. Costa e Teuber (2001, p. 39) afirmam que:

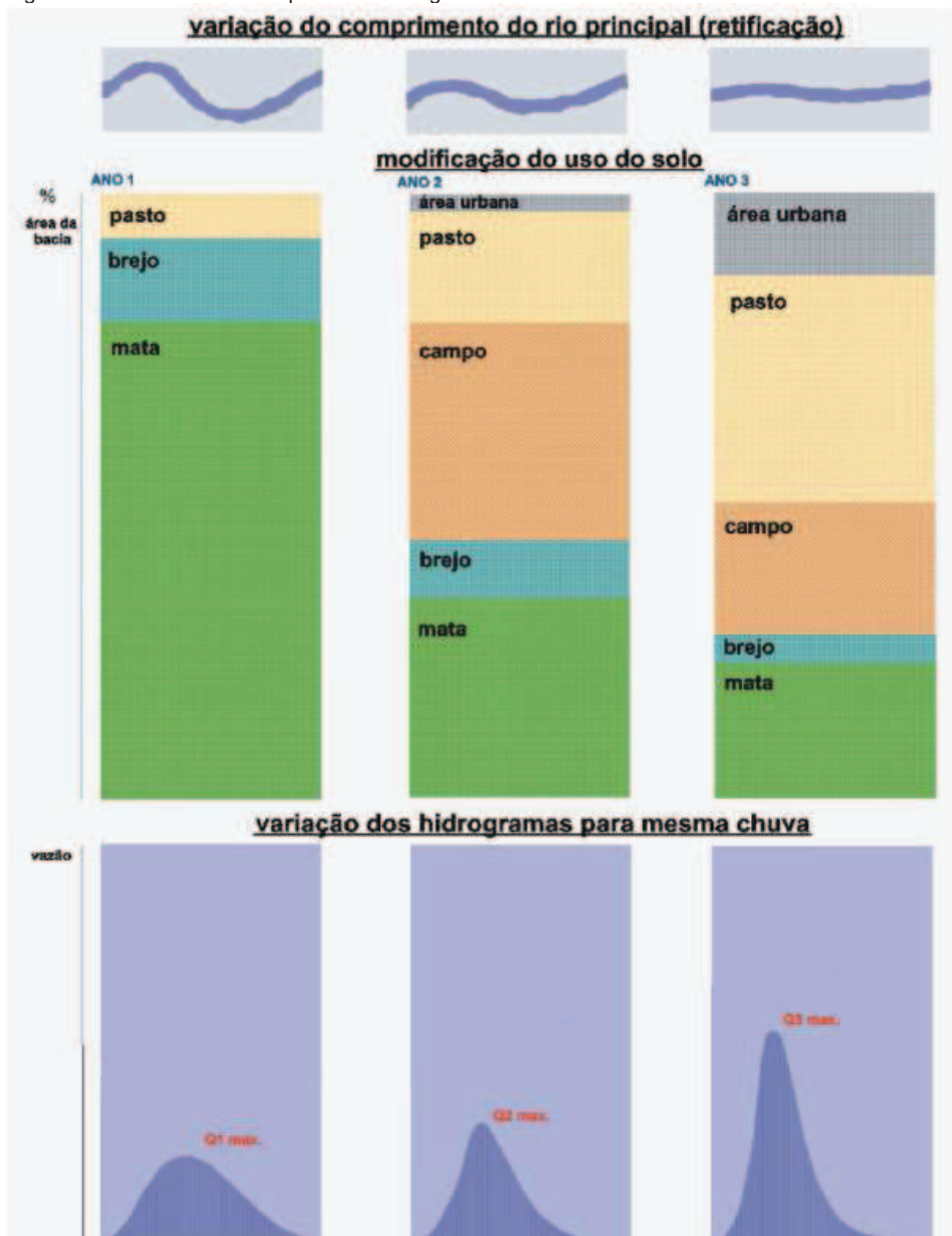
o desmatamento e a impermeabilização do solo da bacia hidrográfica cortam o ciclo de reabastecimento do húmus, potencializa os processos erosivos, diminui a capacidade de infiltração e aumenta o volume dos escoamentos superficiais, que atuarão diretamente no formato dos hidrogramas de enchente (...) aumentando o risco de extravasamentos e inundações para as mesmas chuvas intensas que, no passado, se moldavam às condições naturais das calhas dos cursos de água, fluindo sem problemas.

Tucci (2004) divide as inundações em dois tipos: as inundações ribeirinhas, que dependem basicamente da topografia da região e dos processos climáticos, nas quais o homem tem pouca ou nenhuma influência e apenas sofre seus efeitos; e as inundações devido à urbanização ou à drenagem urbana, causadas pela impermeabilização e canalização dos cursos d'água. Segundo o autor, os dois tipos de inundações podem ocorrer isoladamente ou com efeitos combinados, mas as inundações devido à urbanização têm sido mais frequentes pela impermeabilização crescente e a tendência a modificações dos cursos d'água urbanos.

As regiões urbanas são mais favoráveis a enchentes, pois além do solo ser impedido de absorver a água das chuvas, a vegetação também é insuficiente para cumprir seu papel de reter e absorver as águas. A pavimentação de vias esteve e ainda está presente nas ideias de progresso e a promoção da facilidade de tráfego de pessoas e veículos faz com que o asfalto tome conta de áreas onde antes a infiltração da água se fazia de maneira fácil (TUCCI, 2005).

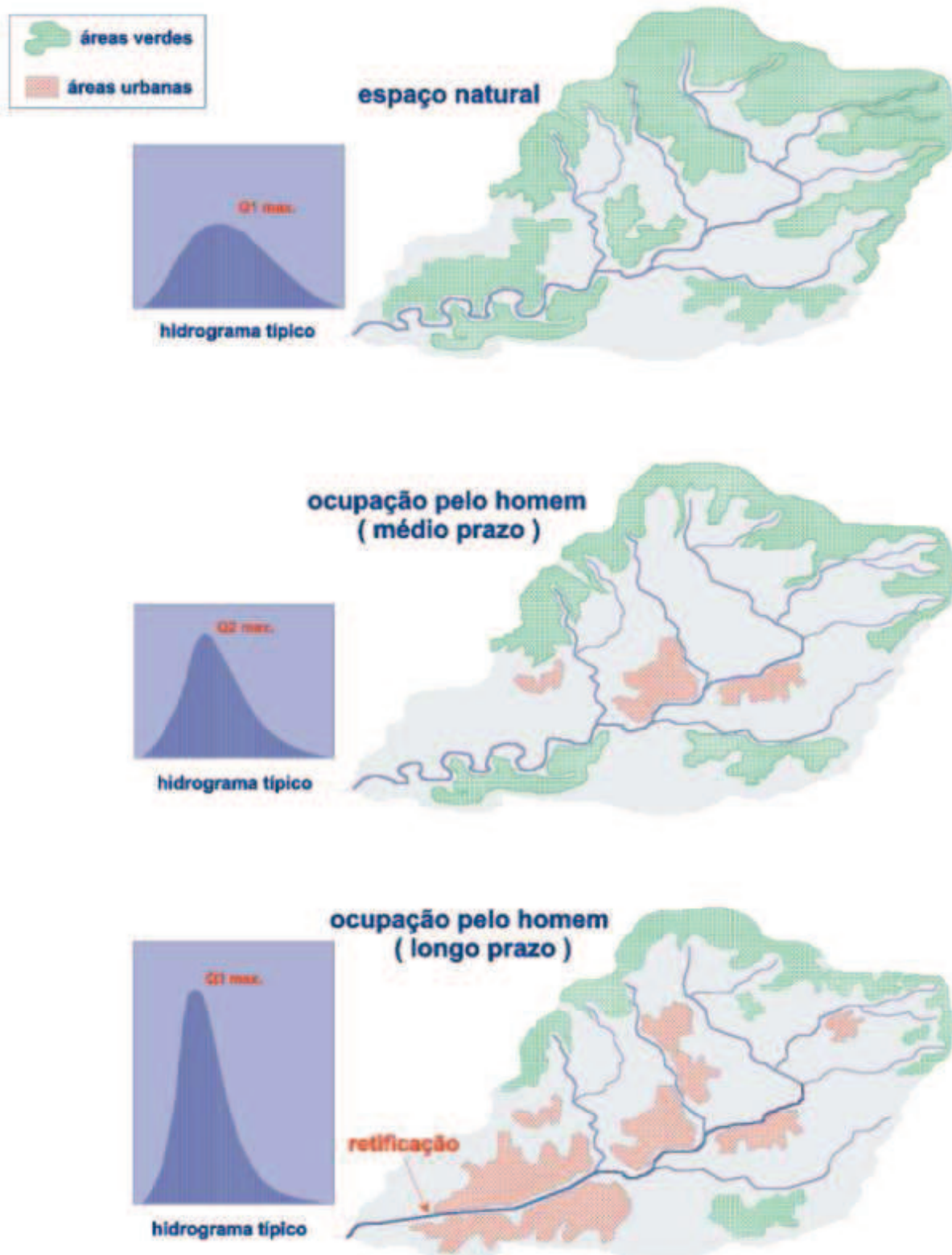
As modificações nos hidrogramas de cheia ocasionadas pelas intervenções antrópicas podem ser observadas na Figura 5 e na Figura 6.

Figura 5 – Interferências antrópicas nos hidrogramas de cheia



Fonte: Costa e Teuber, 2001.

Figura 6 - Interferências da urbanização nos hidrogramas de cheia



Fonte: Costa e Teuber, 2001.

Para Mota (1999), o processo de urbanização pode provocar alterações no ciclo hidrológico, principalmente sob os seguintes aspectos:

- a) Aumento da precipitação, causado principalmente pelas mudanças climáticas;
- b) Diminuição da evapotranspiração, com o crescente processo de urbanização, a redução da evapotranspiração vem como consequência da redução da vegetação;
- c) Aumento da quantidade de líquido escoado;
- d) Diminuição da infiltração da água, devido à impermeabilização e compactação do solo;
- e) Maior erosão do solo e conseqüente aumento do processo de assoreamento das coleções superficiais da água;
- f) Poluição de águas superficiais e subterrâneas.

Kobiyama et al. (2004) afirmam que as inundações têm-se intensificado devido ao mau gerenciamento das bacias hidrográficas, especialmente pela urbanização desordenada, e também pelo fenômeno das mudanças climáticas, que aumenta a frequência ou a intensidade dos eventos climáticos em determinadas regiões. De acordo com o IPCC (2007), com este fenômeno, os desastres associados às instabilidades atmosféricas severas tendem a aumentar, destacando-se as tempestades e inundações na Região Sul e Sudeste.

As conseqüências de um desastre estão diretamente relacionadas à vulnerabilidade das áreas atingidas. A vulnerabilidade de um meio depende de suas particularidades naturais e antrópicas, chamadas de condições intrínsecas. Segundo o Ministério da Integração Nacional e a Secretaria Nacional de Defesa Civil (2010), a vulnerabilidade de um meio pode ser definida como “condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, caracteriza os efeitos adversos” e também como a “relação existente entre a magnitude da ameaça, caso ela se concretize, e a intensidade do dano conseqüente”.

Para Bertolino (2013) os danos e prejuízos decorrentes de um desastre dependem muito mais do grau de vulnerabilidade dos cenários e dos ecossistemas afetados do que da magnitude dos eventos adversos e, assim, um evento de pequena magnitude em área vulnerável pode causar impacto maior do que um mesmo evento, de maior magnitude, em outra área.

O autor destaca ainda que “dentro das cidades, espaços ocupados tornam-se potencialmente suscetíveis a episódios de ordem natural”, e assim, para alguns eventos como inundações, alagamentos e deslizamentos, o risco é maximizado pelo homem através da impermeabilização do solo e pela ocupação de áreas impróprias (BERTOLINO, 2013, p. 34).

## 2.4 DANOS ASSOCIADOS ÀS INUNDAÇÕES URBANAS

Para Pinheiro (2007), por se tratar de um fenômeno natural, falar em qualquer tipo de catástrofe envolvendo inundações tem sentido apenas se houver uma ocupação humana na área afetada. Portanto, tal situação pode ser considerada como um problema socioambiental quando o homem não respeita os limites naturais e se instala nessas regiões.

Parkinson (2004) divide os impactos causados pelas inundações em quatro tipos, sendo: impactos na saúde, que correspondem à proliferação de vetores e a transmissão de doenças de veiculação hídrica; impactos estruturais, relacionados às deficiências dos sistemas de drenagem que podem ocasionar danos às edificações e afetar o sistema de transporte; impactos ambientais, causados pela poluição difusa e carreamento de inúmeros agentes poluidores; e impactos econômicos, decorrentes da combinação dos três impactos anteriores, refletindo em custos públicos e privados. Devem ser considerados ainda os impactos sociais, não citados pelo autor.

Quando ocorre uma inundação em uma área vulnerável a população local fica exposta a diversas consequências, dentre as quais Lima-Queiroz et al. (2003) destacam:

- a) Perdas de vidas humanas;
- b) Degradação de condições de saúde coletiva;
- c) Perdas materiais diretas decorrentes da ação física, química e biológica das águas e da deposição de sedimentos;
- d) Perdas indiretas, resultantes de interrupção ou perturbação de serviços (transportes, comunicações, saneamento, etc.);
- e) Ruptura do processo produtivo, a qual pode afetar o bem-estar econômico de uma comunidade e, possivelmente, as economias regionais e nacionais.

O “resultado das perdas humanas, materiais ou ambientais infligidas às pessoas, comunidades, instituições, instalações e aos ecossistemas, como consequência de um desastre” é chamado de dano, conforme definição da Instrução Normativa 01 (BRASIL, 2012a). O Glossário de Defesa Civil, Estudo de Riscos e Medicina de Desastres (CASTRO, 2009) apresenta a mesma definição, e complementa com a classificação em danos humanos, materiais e ambientais, sendo: danos humanos aqueles dimensionados em função do número de pessoas (desalojadas, desabrigadas, deslocadas, desaparecidas, feridas, enfermas, incapacitadas ou mortas); danos materiais aqueles dimensionados em função do número de edificações, instalações e outros bens danificados e destruídos; danos ambientais, de mais difícil reversão, estimados em função do nível de poluição e contaminação do ar, da água ou do solo, degradação, perda de solo agricultável por erosão ou desertificação, desmatamento, queimada e riscos de redução da biodiversidade representada pela flora e pela fauna.

A avaliação das perdas e danos causados por uma inundação é de fundamental importância no processo de gerenciamento de recursos financeiros, normalmente limitados, destinados à gestão do desastre (CÔRTEZ, 2009). Porém, os danos decorrentes das inundações não se limitam aos prejuízos materiais de mais fácil quantificação.

Tais danos são classificados em tangíveis e intangíveis. Os tangíveis são aqueles que podem ser avaliados quantitativamente em termos econômicos, normalmente estimados por meio dos preços de mercado, tais como danos às edificações. Já os danos intangíveis são aqueles de difícil quantificação econômica, ou cuja quantificação por questões éticas e ideológicas é indesejável, tais como a vida humana, a inquietude, os transtornos às atividades sociais, bens de valor histórico ou arqueológico, e objetos de valor sentimental (GREEN et al., 2000; DUTTA et al., 2001; KÖNIG et al., 2002). Green et al. (2000) destacam ainda que os bens intangíveis relacionam-se aos procedimentos de estimativa de danos e alguns podem vir a ser considerados como tangíveis no futuro.

Os danos podem ser ainda classificados em danos diretos e indiretos. Os danos diretos são os resultantes do contato físico de bens e pessoas com a água da inundação, assim como os agravos imediatos causados por erosão e poluição. Nesta categoria estão: os danos às propriedades públicas e privadas e ao seu conteúdo pela perda ou desgaste dos mesmos pela ação física, química e biológica

das águas e pela deposição de sedimentos; os custos de serviços emergenciais para as atividades de evacuação salvamento e limpeza; os prejuízos decorrentes dos danos na infraestrutura urbana; e o custo do congestionamento do trânsito urbano (PARKER et al., 1987; DUTTA et al., 2001; KÖNIG et al., 2002; MACHADO, 2005).

Já os danos indiretos ocorrem em consequência dos danos diretos, como as interrupções e perturbações das atividades sociais e econômicas, não incluem danos materiais e não são contínuos, mas se apresentam durante as inundações e um período após as mesmas e podem ocorrer fora da área diretamente afetada. Entre os danos indiretos está também a ocorrência de consequências sociais, que são efeitos de longo prazo negativos causados pela frequência e severidade das inundações. Inundações frequentes ocasionam desenvolvimento regional restrito pela redução do desenvolvimento econômico, afetam o bem estar da população e ocasionam a redução dos valores das propriedades na área afetada (PARKER et al., 1987; DUTTA et al., 2001; KÖNIG et al., 2002; MACHADO, 2005).

O *National Research Council* (1999) destaca que alguns danos indiretos possuem prazos bastante extensos, como alteração dos fluxos migratórios, mudanças nos valores de moradias, redução do padrão de consumo de famílias (consequência do endividamento para cobrir os custos gerados pela inundação), e alteração dos gastos governamentais com o surgimento de um novo padrão migratório e de desenvolvimento na região.

Alguns danos apresentam maior dificuldade de quantificação e a análise pode apresentar erros como dupla contagem, horizonte de análise estreito, ignorar os passivos pós-desastre e as perdas não identificáveis via mercado e frequentemente existem erros de cálculo e sobreposições de valores (COCHRANE, 2004). Porém, como afirma Cançado (2009, p. 15) “as inundações causam inúmeras perturbações, sofrimento e perdas econômicas individuais e deixar de considerá-las no planejamento das políticas públicas não é compatível com uma economia socialmente justa”.

Com base na classificação apresentada, alguns exemplos de danos tangíveis e intangíveis, diretos e indiretos, podem ser visualizados no Quadro 3.

Quadro 3 - Exemplos e classificação de danos ocasionados por inundações

<b>Danos Tangíveis</b>	
<b>Danos Diretos</b>	<b>Danos Indiretos</b>
Danos físicos aos domicílios: construção e conteúdo das residências.	Custos de limpeza, alojamento e medicamentos. Realocação do tempo e dos gastos na reconstrução. Perda de renda.
Danos físicos ao comércio e serviços: construção e conteúdo (mobiliário, estoques, mercadorias em exposição, etc.).	Lucros cessantes, perda de informações e base de dados. Custos adicionais de criação de novas rotinas operacionais pelas empresas. Efeitos multiplicadores dos danos nos setores econômicos interconectados.
Danos físicos aos equipamentos e plantas industriais.	Interrupção da produção, perda de produção, receita e, quando for o caso, de exportação. Efeitos multiplicadores dos danos nos setores econômicos interconectados.
Danos físicos à infraestrutura.	Perturbações, paralisações e congestionamento nos serviços, custos adicionais de transporte, efeitos multiplicadores dos danos sobre outras áreas.
<b>Danos Intangíveis</b>	
<b>Danos Diretos</b>	<b>Danos Indiretos</b>
Ferimentos e perda de vida humana.	Estados psicológicos de <i>stress</i> e ansiedade.
Doenças pelo contato com a água, como resfriados e infecções.	Danos de longo prazo à saúde.
Perda de objetos de valor sentimental.	Falta de motivação para o trabalho.
Perda de patrimônio histórico ou cultural.	Inconvenientes de interrupção e perturbações nas atividades econômicas, meios de transporte e comunicação.
Perda de animais de estimação.	Perturbação no cotidiano dos moradores.

Fonte: Adaptado de Parker et al., 1987, Machado, 2005 e Cançado, 2009.

#### 2.4.1 Danos às residências

Os fatores que definem a intensidade dos danos causados às residências relacionam-se às características da inundação (profundidade da submersão, duração e velocidade do escoamento) e às características da residência (presença de subsolo, número de pavimentos, processo construtivo). Os danos diretos podem ser causados na própria edificação e nos bens em seu interior. Os danos diretos à edificação correspondem aos causados à alvenaria, incluindo elementos de decoração, instalações elétricas, hidráulicas, telefônicas e de gás, portões, cercas e



paisagens. Os danos ao conteúdo incluem equipamentos elétricos, eletrônicos e de aquecimento, móveis, roupas, livros e ornamentos. Os danos indiretos envolvem os transtornos no cotidiano dos moradores, mudança temporária de residência, impossibilidade de realização de atividades de lazer devido aos trabalhos necessários na residência, entre outros (PENNING-ROUSELL; CHATTERTON, 1977; PARKER et al., 1987; TORTEROTOT, 1993; GREEN et al., 2000; MACHADO, 2005). Exemplos de danos diretos e indiretos causados às residências podem ser visualizados no Quadro 4.

Quadro 4 - Danos às residências

<b>Danos diretos</b>	Danos à construção e ao conteúdo da residência.
	Danos nas instalações elétricas, telefônicas e de saneamento.
	Custos de limpeza.
	Perda de itens insubstituíveis, de valor sentimental.
	Perda de animais de estimação.
<b>Danos indiretos</b>	Remoção permanente da área.
	Transtornos no cotidiano em consequência dos danos da inundação.
	Mudança temporária de residência.
	Perturbações devido aos sistemas de alerta e alarme de inundação.
	Piora e paralisações nos serviços de utilidade pública.
	Perda de renda pela falta no trabalho e perda de oportunidades.
	Gastos com a recuperação do domicílio diminuem a renda disponível para demanda de outros bens.
	Uso do tempo na recuperação dos danos às expensas de outras atividades, como as de lazer.
	Problemas financeiros de curto prazo pelo elevado volume de despesas associadas ao evento.
<b>Danos indiretos decorrentes de inundação em outras áreas</b>	Ajuda ou acomodação temporária de parentes e amigos, vítimas da inundação, causando custos adicionais e alteração da rotina.
	Custos adicionais de transporte, caso sejam utilizadas vias inundadas ou ocorra um aumento no congestionamento de trânsito.
	Diminuição das oportunidades de consumo na região ou cidade, caso lojas, serviços e locais de lazer tenham sido inundados.
	Perturbações nas redes podem interromper ou piorar os serviços de infraestrutura.
	Possibilidade de aumento dos custos associados às compras domésticas e serviços de recreação.

Fonte: Parker et al., 1987 apud Cançado, 2009.

Os impactos indiretos assumem grande importância para as famílias afetadas, como os transtornos para re aquisição de documentos, talonários de cheques e contratos. O autor destaca também as perdas de caráter sentimental: “Lembranças acumuladas reconstróem o passado de uma pessoa e são particularmente valiosas para os idosos”. Após a inundação, quando é possível retornar à residência os moradores tem o difícil trabalho de verificar as perdas, o que pode ser reparado e o que deve ser substituído. Além da limpeza os moradores direcionam seu tempo para contato com advogados, empresas de seguro, administração pública, prestadores de serviços, serviços burocráticos, entre outros. Dificilmente o domicílio é inteiramente reparado logo após a cheia e a qualidade de vida dos moradores pode ser afetada por um longo período (GREEN, 2004).

Os custos relacionados aos danos incluem o reparo estrutural e de conserto ou substituição dos itens danificados. Os danos aos equipamentos elétricos dependem tanto da extensão quanto da duração da inundação, assim como do tempo de uso do equipamento e da sua localização dentro da edificação. Os custos vão desde o reparo até a substituição dos mesmos. O mobiliário pode, eventualmente, ser reparado, mas peças embutidas implicam em custos de conserto equivalentes aos de substituição. Já os custos de limpeza podem ser estimados em pelo menos 20 horas de trabalho para inundações de pequena profundidade e em até 15 horas de trabalho por quarto, para inundações de maior magnitude. Os moradores faltam a suas atividades normais no período de limpeza da residência e assim os custos devem ser calculados em função da renda média diária, podendo ser estimados pela renda per capita da população residente na área atingida (PENNING-ROWSELL; CHATTERTON, 1977; PARKER et al., 1987; SALGADO, 1995).

A depender das características da inundação, os moradores podem ficar temporariamente impossibilitados de retornar a suas residências. Esses moradores são deslocados para abrigos emergenciais, em locais como acampamentos, escolas, igrejas e clubes, onde recebem assistência do poder público, das associações de moradores e de voluntários. Essa assistência compreende, entre outros, o fornecimento de abrigos, colchões, roupas, alimentos e assistência médica e social (CÔRTEZ, 2009). Genta e Teixeira (2003) salientam que uma parcela da população atingida evacua as áreas afetadas por meios próprios, abrigando-se na

residência de parentes ou amigos, e não integram os dados oficiais, e assim o número de pessoas evacuadas poderia ser bastante superior aos registrados.

Pode-se considerar que o número de desabrigados é função do número de pessoas atingidas, da altura de submersão e duração da inundação, do número de pavimentos da residência e da experiência acumulada por eventos anteriores. O custo total do atendimento compreende o produto do número de pessoas assistidas pelo custo médio diário e pela duração do atendimento (PENNING-ROWSELL; CHATTERTON, 1977; PARKER et al., 1987).

#### **2.4.2 Danos à saúde da população**

Diversos estudos buscam demonstrar os efeitos das inundações na saúde da população. Dentre esses, o de Souza (2001) evidenciou a relação entre o aumento da ocorrência de doenças, tais como a leptospirose, e o aumento do tempo de duração das inundações, assim como a proporcionalidade entre o número de casos e a altura da lâmina d'água. O estudo aborda também outras doenças como febre tifoide, hepatite A, diarreias, helmintoses intestinais, malária, filariose, dengue e leishmaniose.

Para Cançado (2009), além dos danos diretos à saúde causados pelo contato com as águas da inundação, a preocupação, ansiedade e stress das pessoas atingidas devem ser considerados. O stress se apresenta tanto no momento do choque (inundações repentinas) quanto em períodos maiores para eventos de longa duração, devido ao período de isolamento, perda de serviços e perturbações no estilo de vida usual. Ainda de acordo com Cançado (2009), o stress, especialmente em períodos prolongados, pode levar à debilitação de órgãos vitais e redução da imunidade. O Quadro 5 apresenta uma síntese dos danos mais comuns à saúde da população em cada fase do desastre.

Quadro 5 - Danos à saúde da população

<b>Pré-ameaça</b>	Ansiedade, preocupação, temor de precipitações, sintomas psicológicos.
<b>Alerta</b>	Excesso de exercício ante a ameaça (por exemplo, movimentação de mobília) causando dores na coluna, torções, entre outros.
<b>Impacto</b>	Resfriados, gripes, infecções, doenças de veiculação hídrica.
<b>Recuperação inicial</b>	Preocupações pela perda financeira e de pertences com valor sentimental, depressão.
<b>Recuperação e consequências posteriores</b>	Redução geral da resistência a doenças, decorrência do <i>stress</i> causado pelo evento e pela possibilidade de inundações futuras. Surgimento de doenças, mesmo a médio e longo prazo, ou piora de uma enfermidade atual. Pode causar mortalidade.

Fonte: Adaptado de Parker et al., 1987 apud Cançado, 2009.

Os custos dos impactos diretos e indiretos envolvem a perda de vidas, o tratamento de enfermos, a perda de horas de trabalho para tratamento e convalescença, além de prejuízos relativos à insegurança e ansiedade dos enfermos e da família. A quantificação dos custos de tratamento é dada pelo produto do número de pessoas atingidas pelo custo médio diário do tratamento e sua duração média. O número de pessoas atingidas depende, além das características da inundação, das condições sanitárias da bacia hidrográfica e das condições socioeconômicas da população. O custo médio diário e a duração média do tratamento devem considerar o período de tratamento hospitalar e de convalescença domiciliar. Além disso, deve ser considerado que as pessoas atingidas ficam impossibilitadas de exercer suas funções normais durante o período de internação e convalescença, e assim o prejuízo do tratamento envolve o tempo de duração do mesmo e a renda média diária do enfermo (PENNING-ROUSELL; CHATTERTON, 1977; PARKER et al., 1987).

#### 2.4.3 Danos às indústrias e comércio

Os impactos agregados aos setores de indústria e comércio representam os danos à economia da área atingida. De acordo com Parker et al. (1987), para a avaliação dos danos no setor industrial é necessária a identificação da indústria, seu ramo de atividade, os componentes de suas instalações físicas e a caracterização

do estoque e matéria prima utilizada. Para isto podem ser aplicados questionários específicos e para a análise dos danos pode-se adotar a abordagem por dados históricos (reais) ou por dados sintéticos (hipotéticos, criados pelo pesquisador para realização do estudo).

Ainda segundo os autores, no caso das indústrias a utilização de dados de danos de inundações passadas para a composição das relações padrão de profundidade-dano apresenta como desvantagens: a inexistência de documentação confiável de dados das inundações; a falta de acurácia na estimativa dos danos feita imediatamente após a cheia; e a não consideração das perdas indiretas. Já a abordagem sintética pode ser feita tomando como base o conhecimento sobre o gerenciamento da indústria, tendo como desvantagem a menor precisão dos resultados devido à natureza hipotética dos dados utilizados.

Segundo Machado (2005), o setor de comércio varejista é o que apresenta maior potencial de danos por unidade de área devido ao alto valor de estoque e a intensa ocupação. Para a avaliação dos danos aos setores de comércio e serviços podem ser adotadas as abordagens de dados históricos ou dados sintéticos, dependendo da disponibilidade e confiabilidade dos dados.

Os dados históricos apresentam como vantagem a possibilidade de uma avaliação mais confiável já que são utilizados dados reais. Como desvantagem deve-se considerar que esses dados podem não incluir alguns danos que ficam ocultos por um período após a inundação e por isso não são os mais adequados para avaliação de inundações futuras. Já os dados sintéticos apresentam a dificuldade de se reunir os vários aspectos dos danos e as características das cheias. Outro ponto negativo da utilização deste tipo de abordagem é a dificuldade de se generalizar os resultados obtidos, que dependem das particularidades de cada área. Porém, devido à escassez de dados históricos os dados sintéticos acabam sendo bastante utilizados (PENNING-ROUSELL; CHATTERTON, 1977; PARKER et al., 1987).

Para Penning-Rousell e Chatterton (1977) os danos neste setor estão relacionados às mercadorias, à edificação, aos equipamentos, e aos custos de limpeza. Algumas tipologias de comércio apresentam maior sensibilidade a esses danos, como as empresas de produtos alimentícios (supermercados, mercearias, laticínios, frigoríficos, peixarias, granjas, confeitarias), tabacarias, revistarias, livrarias, papelarias, sapatarias, comércio de eletroeletrônicos, comércio de produtos

químicos e de fotografia. Para avaliação mais acurada dos danos podem-se obter dados relacionados a danos ao estoque e à propriedade por meio de questionários, aplicados para diferentes tipologias de construção e alturas de submersão.

#### **2.4.4 Danos à infraestrutura urbana**

De acordo com Côrtes (2009), os sistemas que compõe a infraestrutura urbana, como os serviços de saneamento básico e sistema viário, quando danificados por eventos de inundação comprometem a saúde e as atividades cotidianas da população. Porém, esses elementos são por vezes desconsiderados na constatação dos danos causados e por isso não há suficientes dados históricos sobre problemas nesses sistemas.

Penning-RowSELL e Chatterton (1977) definem que os danos à infraestrutura urbana podem ser diretos, ocasionados pelo contato da água com elementos físicos dos sistemas, ou indiretos, como perdas econômicas para os usuários e custos de reposição de mercadorias decorrentes da interrupção dos serviços. Os autores recomendam a utilização do prejuízo total estimado para os outros setores para a estimativa dos danos à infraestrutura urbana. Nesta proposta, poderia se considerar que 5% do prejuízo total corresponderia aos valores utilizados em serviços emergenciais e 2% corresponderiam aos serviços de utilidade pública durante o período das inundações. Os autores consideram ainda que os custos para remediação dos danos e os custos relacionados ao aumento da procura por serviços públicos de saúde seriam de 6% do valor total estimado para os outros setores. Esses percentuais foram definidos com base em observações anteriores, sendo considerados adequados para o nível de estudo realizado.

Em seu estudo, Côrtes (2009) realizou a comparação dos danos listados por Penning-RowSELL e Chatterton (1977) e Parker et al. (1987) com os efetivamente verificados em alguns municípios do estado de Minas Gerais. Para apurar os danos às infraestruturas de saneamento básico e abastecimento de energia elétrica a autora realizou entrevistas com representantes das concessionárias responsáveis por cada sistema e de órgãos públicos responsáveis pelo socorro às vítimas e pela recuperação dos danos.

Os danos à infraestrutura de abastecimento de água e de tratamento de esgoto são relativos à vulnerabilidade das estações tratamento, que pela sua

localização próxima a rios sofre com o contato direto dos equipamentos com a água das inundações. Além disso, caso ocorram problemas na rede, a localização do ponto que necessita de reparos pode ser bastante demorada, comprometendo o serviço de abastecimento de água e gerando possibilidade de contaminação das águas da inundação por esgoto doméstico (PENNING-ROWSELL; CHATTERTON, 1977; PARKER et al., 1987). Nas entrevistas realizadas por Côrtes, comprovou-se a vulnerabilidade das estações de tratamento, porém as concessionárias responsáveis afirmaram estudar os danos causados em cada evento e tomar medidas, como elevar os equipamentos nos meses chuvosos, para reduzir os danos em eventos seguintes. A rede se mostrou o principal problema nos municípios pesquisados, com registros de rupturas da tubulação de água nas travessias de pequenas pontes e rompimento das tubulações da rede de esgoto. Em vários dos municípios pesquisados a rede de esgotos também comportava as águas pluviais, causando o rompimento por despressurização da rede após o término do evento de inundação.

Nos estudos realizados por Penning-Rowsell e Chatterton (1977) e Parker et al. (1987) não foram citados prejuízos relativos ao sistema de drenagem urbana. Nas entrevistas realizadas por Côrtes (2009) foram constatados apenas danos às entradas de algumas bocas de lobo. Mesmo com os resultados apresentando uma susceptibilidade baixa, deve-se salientar que isso pode ser devido apenas à falta de registros, e que esse sistema pode sofrer maiores danos em diferentes condições.

Os sistemas de coleta de resíduos sólidos podem sofrer interrupção em áreas inundadas e após o evento é necessária a realização de serviços intensivos de limpeza urbana para o restabelecimento das condições normais do município. Os custos são os relacionados à quantidade de resíduos a serem removidos, sua destinação e os recursos humanos e materiais necessários no processo (SALGADO, 1995).

O sistema de abastecimento elétrico apresenta baixa susceptibilidade. Os principais danos diretos referem-se aos medidores individuais, que quando atingidos pelas águas devem ser substituídos. O serviço pode ser interrompido em regiões muito afetadas para evitar acidentes, gerando prejuízos indiretos aos usuários (PENNING-ROWSELL; CHATTERTON, 1977; CÔRTEES, 2009).

De acordo com Parker et al. (1987), os custos referentes aos danos ao sistema viário podem ser diretos, destinados a limpeza das vias e reparação dos

pavimentos e semáforos, e indiretos, relacionados à interrupção do tráfego nas vias inundadas e aos congestionamentos e atrasos gerados.

## 2.5 GESTÃO DE INUNDAÇÕES URBANAS NO BRASIL

Para prevenir e minimizar os danos causados por qualquer desastre natural deve-se executar o Gerenciamento de Desastres Naturais, que segundo Neto (2000), possui duas metas: entender os mecanismos dos fenômenos naturais; e aumentar a resiliência da sociedade contra esses fenômenos. De acordo com Kobiyama et al. (2006), em geral a etapa de compreensão dos fenômenos é realizada por universidades e institutos de pesquisa e o aumento da resistência da sociedade cabe aos governos federal, estadual, municipal, empresas privadas, ONGs e às próprias comunidades.

Diversos documentos anteriores à 2012 apresentam quatro fases de gerenciamento de desastres naturais: prevenção, preparação, resposta e reconstrução (CASTRO, 1999; NETO, 2000; KOBİYAMA et al., 2006; MI; SEDEC, 2007a). A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil acrescentou a fase de mitigação, porém os responsáveis e as ações a serem tomadas nesta fase ainda não estão claros (BRASIL, 2012b).

De acordo com Kobiyama et al. (2006) a etapa de prevenção e a maior parte da etapa de preparação devem ser executadas antes da ocorrência do desastre; o restante da preparação e a resposta devem ser executadas durante o desastre; e a reconstrução deve ser realizada após o evento. A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil indica que a fase de mitigação deve ser realizada juntamente à de prevenção (BRASIL, 2012b). Kobiyama et al. (2006) destacam ainda que essas etapas possuem caráter temporal conforme a frequência dos eventos. O Quadro 6 apresenta a organização das fases do gerenciamento e a descrição das ações relacionadas.



Quadro 6 - Fases do Gerenciamento de Desastres Naturais

<b>Momento</b>	<b>Fases</b>	<b>Descrição</b>
Pré-evento	Prevenção e preparação	Antes de ocorrer os desastres, são realizadas atividades para reduzir os futuros possíveis prejuízos.
	Mitigação	A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil não descreve as atividades inerentes a essa fase.
Evento	Resposta	Durante e logo depois de ocorrência de desastres, são realizadas ações emergenciais. Uma das ações fundamentais é o levantamento para registro.
Pós-Evento	Reconstrução	Após os desastres, atua-se na restauração e/ou reconstrução e/ou compensação dos prejuízos.

Fonte: Adaptado de Kobiyama et al., 2006 e Brasil, 2012b.

Quanto às inundações urbanas, Tucci (1999) afirma que a pressão da sociedade em age em dois sentidos opostos. Quando certa região apresenta um período longo sem inundações a pressão é direcionada à ocupação do leito maior do rio. Por vezes, mesmo quando o poder público não atende a essa pressão, o leito acaba sendo ocupado, porém por sub-habitações, devido ao desinteresse do mercado imobiliário pela área. Por outro lado, quando ocorre a inundação e as águas ocupam o leito maior, a sociedade pressiona os dirigentes por soluções pedindo principalmente grandes obras estruturais, como canalizações e barramentos, que, a curto prazo, produzem efeito rápido no controle das cheias.

Assim, a gestão das inundações urbanas envolve o equilíbrio entre as ações preventivas (como a regulação da ocupação das áreas de risco) e corretivas (como o controle na forma do sistema de drenagem urbana), além das ações de resposta durante e logo após o evento. Além disso, as condições do sistema de drenagem definem as características das inundações nas áreas urbanas. A Política Nacional de Saneamento Básico define que o subsistema de drenagem pluvial urbana busca o adequado escoamento das águas pluviais, para garantir o trânsito público, o conforto dos transeuntes, dirigibilidade dos veículos e a proteção das edificações, bem como evitar os efeitos danosos das inundações e dos alagamentos,

principalmente em áreas consideradas vulneráveis habitadas pela população (BRASIL, 2007).

Os sistemas de drenagem podem ser divididos em microdrenagem, macrodrenagem ou na fonte. A microdrenagem pode ser considerada como o sistema de condutos pluviais ou canais ao nível do loteamento ou de rede primária urbana, com estruturas de menor porte. A macrodrenagem é responsável por coletar as águas pluviais fornecidas pela rede de microdrenagem, envolvendo modificações em rios e canais. E a drenagem na fonte é a menor unidade, responsável pelo escoamento que ocorre no lote urbano, independente da sua ocupação, seja condomínio, empreendimento individualizado, estacionamento, parque, ou outros (TUCCI, 2009).

Somadas aos sistemas de drenagem podem ser aplicadas as medidas denominadas estruturais. Tucci (2009) define esse tipo de medidas como obras que visam a modificação do sistema fluvial, como a construção de barragens, diques e canalizações. As medidas estruturais podem ainda ser intensivas e extensivas. De acordo com SUDERHSA (2002), as medidas estruturais intensivas agem em menor escala, podendo ser obras de contenção, como diques e pôlderes; de aumento da capacidade de descarga, como retificações, ampliações de seção e corte de meandros de cursos d'água; e de retardamento e infiltração, como reservatórios, bacias de amortecimento e dispositivos de infiltração no solo. Já as medidas estruturais extensivas buscam ação generalizada na bacia hidrográfica, com a modificação das relações entre precipitação e vazão, como programas de reflorestamento para alteração da cobertura vegetal.

Como exemplo brasileiro, na cidade de Curitiba foram largamente utilizados dispositivos de retardamento de picos de vazão, materializados nos lagos presentes em diversos parques urbanos como o São Lourenço, o Passeio Público (Figura 7) e o Barigui (Figura 8). Os parques são utilizados para lazer da população e quando ocorrem precipitações intensas, os lagos funcionam como bacias de retenção, armazenando parte do escoamento. Caso transbordem (Figura 9), não ocorrem prejuízos significativos e o uso da área pode ser retomado assim que as águas abaixarem.

Figura 7 - Parque São Lourenço (à esquerda) e Passeio Público (à direita)



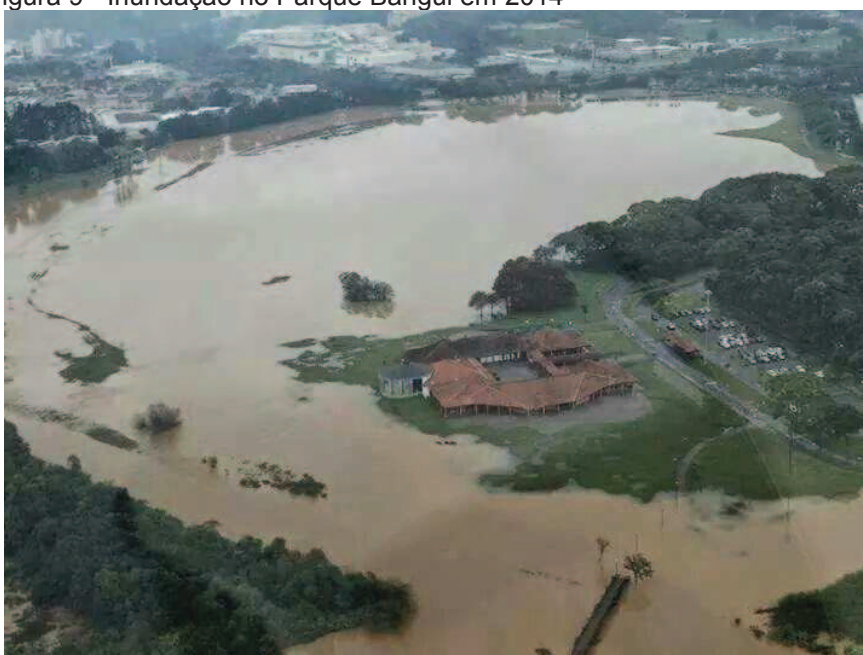
Fonte: Cultura Mix, 2012; Parques e Praças de Curitiba, 2015.

Figura 8 - Parque Barigui



Fonte: G1 Paraná, 2014.

Figura 9 - Inundação no Parque Barigui em 2014



Fonte: Saragioto, 2014.

Tucci (1999) afirma, porém, que no desenvolvimento dos sistemas de drenagem brasileiros foi em geral seguido o princípio de que “a melhor drenagem é a que retira a água excedente o mais rápido possível do seu local de origem”. Segundo o autor, esse princípio tem-se mostrado equivocado, e a insistência neste modelo de drenagem acaba por agravar os problemas de inundação, em especial em locais próximos à foz dos cursos d’água. Além desse fator, o autor destaca que os sistemas de drenagem convencionais não consideram a bacia como sistema de controle, e todos os impactos gerados em cada projeto são transferidos de um ponto a outro. Assim, na microdrenagem os projetos aumentam a vazão e esgotam seu volume para jusante e na macrodrenagem a tendência é a canalização dos trechos críticos. Este tipo de solução segue a visão particular de um trecho da bacia, sem que as consequências sejam previstas para o restante da mesma ou dentro de diferentes horizontes de ocupação urbana, apenas transferindo a inundação sem resolver efetivamente o problema.

Segundo Treby, Clark e Priest (2007), esta visão tem sido substituída em todo o mundo pelo questionamento da sustentabilidade de uma estratégia de gerenciamento do risco baseada unicamente em estruturas hidráulicas. Já na década de 90, Freitas (1998) sugeria um conceito ambiental da drenagem que considera que a modificação de qualquer espaço para dar a lugar à urbanização causará efeitos no ambiente que devem ser compensados, para que a população passe a perceber e participar da manutenção do ciclo hidrológico no meio urbano. Embora não seja um conceito novo, este tipo de drenagem vem sendo mais estudado, buscando-se uma forma de drenagem urbana mais sustentável. Nesta visão, a drenagem deve ter o objetivo de reconstituir as características pré-ocupação e as alternativas de infiltração, detenção e retenção para beneficiar os processos hidrológicos modificados no processo de urbanização, reestabelecendo a infiltração natural, a interceptação e o amortecimento do escoamento. A Figura 10 e a Figura 11 apresentam exemplos de aplicação de sistemas de drenagem de baixo impacto.

Figura 10 - Exemplo de medida de baixo impacto para retenção do escoamento superficial



Fonte: City of Seattle, 2007.

Figura 11 - Exemplo de medida de baixo impacto para retenção do escoamento superficial



Fonte: Claro, 2007.

Diversos autores defendem o uso de medidas estruturais intensivas na fonte como uma forma eficiente de controle de inundações. As medidas, quando aplicadas em cada edificação, contribuiriam com a detenção das águas pluviais na origem, retardando o escoamento superficial e aumentando a infiltração no solo e o tempo de concentração das bacias hidrográficas, minimizando os efeitos das inundações (SANTOS, 2002; FENDRICH, 2004; BERTOLINO, 2013).

Além das medidas estruturais, existem também as medidas não-estruturais, que de acordo com Tucci (2009) se baseiam em ações de planejamento das ocupações em áreas inundáveis, com foco em atitudes preventivas. Dentre essas medidas estão o zoneamento de áreas de inundações, a previsão de cheia, o seguro de inundação e regulamentações normativas. Algumas medidas não estruturais, com suas características e objetivos, podem ser vistas no Quadro 7.

Quadro 7 - Medidas não-estruturais

<b>Medida</b>	<b>Características</b>	<b>Objetivo</b>
<b>Plano Diretor</b>	Planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas.	Evitar ocupação sem prevenção.
<b>Educação ambiental</b>	Para ser realizada junto à população para conservação das margens dos rios, da vegetação e dos taludes.	Conscientizar a população que sofre ou poderá sofrer com as inundações
<b>Medidas de apoio à população</b>	Lugares seguros para preservar a pessoa e sua família, e construção de abrigos temporários, meios de evacuação, patrulhas de segurança.	Inserir na população que poderá ser atingida pela inundação um senso de proteção.
<b>Distribuição de informação sobre as enchentes</b>	Programa de orientação da população sobre as previsões de cheias.	Aprimorar a qualidade da assistência externa e a reduzir falhas como a falta de informações e má avaliação das necessidades.
<b>Reassentamento</b>	Reassentamento de residentes ilegais ocupantes das margens de rios, e de residentes legais nas áreas de risco.	Retirar a população dos locais de risco.
<b>Soluções de mitigação</b>	Promover o aumento das áreas de infiltração e percolação.	Aumentar a eficiência do sistema de drenagem à jusante e da capacidade de controle de enchentes dos sistemas.
<b>Construções a prova de enchentes</b>	Pequenas adaptações nas construções.	Reduzir as perdas em construções localizadas nas planícies de inundação
<b>Sistemas hidrológicos</b>	Histórico hidrológico da bacia e modelos que mostram o comportamento hidráulico e hidrológico do sistema do rio.	Fornecer subsídios para os estudos de comportamento da bacia, assim como previsão de cenários futuros.

Fonte: Adaptado de Enomoto, 2004.

Barbosa (2006) lembra que as medidas, tanto estruturais quanto não estruturais, não conseguem controlar de forma completa, nem extinguir os eventos de inundação, mas buscam a minimização das consequências. O autor comenta ainda que para se obter um controle mais eficiente deve-se buscar a associação de diversos tipos de medidas, para garantir à população o mínimo de prejuízo possível além de possibilitar uma convivência harmoniosa com o rio.

Um gerenciamento eficiente do risco de inundação deve levar em conta os riscos naturais, que por sua vez devem estar incorporados aos códigos urbanísticos dos municípios. Essa abordagem deve ser considerada na avaliação de diferentes alternativas para cada projeto, atendendo a necessidade local e considerando as limitações financeiras, políticas e sociais. Por vezes a solução estrutural não é a mais adequada, podendo-se privilegiar medidas de valorização das zonas inundáveis no ambiente urbano e adotar uma abordagem múltipla que permita a convivência com a situação e garanta a segurança da população (DÉGARDIN; GAIDE, 1999; PLATE, 2002).

A tomada de decisão em relação às medidas de controle depende das características do curso d'água, do benefício da redução das inundações, dos aspectos sociais e dos custos envolvidos, tanto os necessários para implementação da medida, quanto os evitados com o controle proporcionado.

É necessário ainda se considerar os recursos disponíveis para a realização das ações, preventivas ou de resposta ao desastre. Esses recursos podem pertencer ao próprio município, ou serem derivados do Estado ou da União. A transferência de recursos por outros entes federativos pode ser voluntária, decorrentes de parcerias com divisão de responsabilidades, ou obrigatórias, definidas em Lei. No caso dos desastres naturais, os repasses obrigatórios são disciplinados pela Lei nº 12.340, de 2010, que define que:

são obrigatórias as transferências da União aos órgãos e entidades dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco de desastres, de resposta e de recuperação em áreas atingidas ou com o risco de serem atingidas por desastres (BRASIL, 2010).

Em geral, as obras preventivas são realizadas com recursos de transferências voluntárias, originárias de convênios ou transferências voluntárias do Fundo para Calamidades Públicas (FUNCAP). Já nas situações pós-desastre os

recursos para assistência às vítimas e reconstrução das áreas afetadas são geralmente obtidos por transferências obrigatórias, com a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública (COUTINHO, 2014).

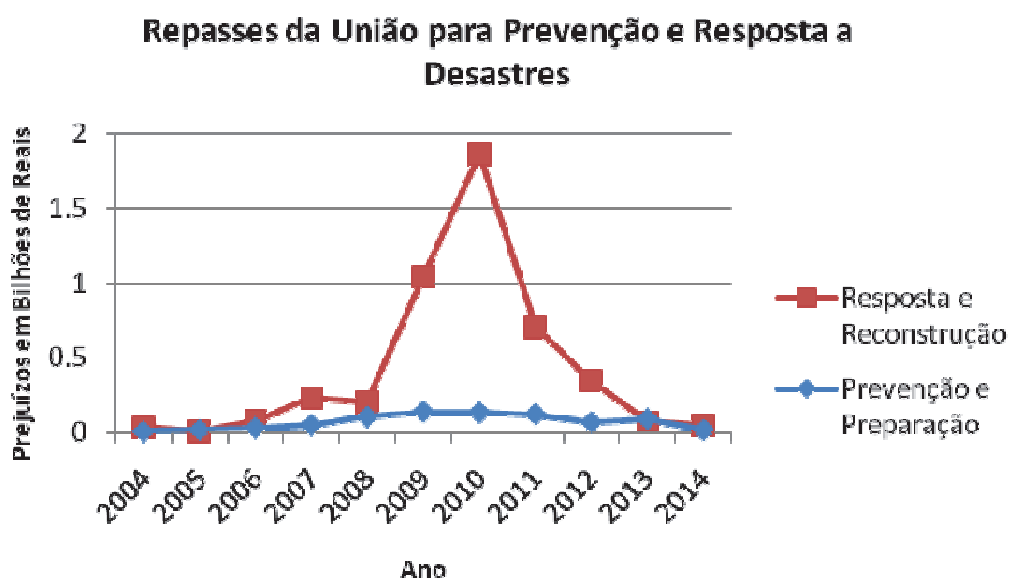
Dados do Portal da Transparência (CGU, 2015) demonstram que, no período de 2004 a 2014, os valores repassados pela União para os Estados e Municípios para ações preventivas (relacionadas ao Programa 1027 – Prevenção e Preparação para Desastres Naturais) foram, em geral, inferiores aos investidos em Resposta aos Desastres e Reconstrução (Programa 1029), conforme Tabela 1 e Figura 12.

Tabela 1 - Valores repassados pela União para prevenção e resposta a desastres

Ano	Programa 1027 – Prevenção e Preparação para Desastres	Programa 1029 – Resposta aos Desastres e Reconstrução
2004	7.622.565,88	38.592.449,31
2005	17.399.468,18	11.270.724,52
2006	31.100.373,62	83.637.973,57
2007	49.350.978,26	233.240.163,14
2008	105.530.983,19	206.645.303,01
2009	139.897.629,28	1.042.136.501,55
2010	136.052.934,89	1.864.080.663,45
2011	123.787.630,62	706.177.818,51
2012	68.924.850,43	349.223.850,88
2013	91.339.348,37	75.935.490,45
2014	16.903.329,94	50.282.389,37

Fonte: Adaptado de CGU, 2015.

Figura 12 - Valores repassados pela União para prevenção e resposta a desastres



Fonte: Adaptado de CGU, 2015.



Deve-se reforçar que os valores apresentados apresentam o quadro geral mas não são absolutos, já que por vezes os recursos podem estar alocados em outros programas de orçamento e os estados e municípios também investem na área. A diferença entre os valores aplicados em prevenção e resposta levou o Tribunal de Contas da União (TCU) a afirmar em relatório técnico que o Brasil tem avançado lentamente na questão da prevenção de desastres e que a “atuação dos municípios em relação à proteção contra desastres é sempre reativa [...] e passado algum tempo o evento é esquecido e as ações preventivas são relegadas a um segundo plano” (TCU, 2011).

Coutinho (2014) destaca que devem ser estabelecidas metas com o intuito de reduzir os gastos com ações de recuperação, dando prioridade a ações preventivas. O autor justifica essa afirmação devido às diferenças na obtenção de recursos e aos procedimentos de contratação de obras e serviços, já que nos casos emergenciais não é necessário o processo licitatório. Destaca também que um município bem organizado, com boa estrutura de prevenção e gerenciamento de desastres terá maiores dificuldades de acessar os recursos externos, já que pode atender a situação com recursos próprios. Assim, alguns municípios podem optar pela desorganização, para ter acesso aos recursos decorrentes de transferências obrigatórias e contratar obras e serviços sem a necessidade de licitação.

Com o objetivo de evitar este tipo de conduta, a Lei nº 12.340, de 2010 define que o órgão responsável por transferir os recursos deve definir os valores a serem repassados de acordo com sua disponibilidade, e cabe ao beneficiário justificar os valores requeridos e apresentar um plano de trabalho definindo a utilização desses valores, no prazo de noventa dias após a ocorrência. A União deve ainda definir as diretrizes e aprovar os planos de trabalho e fiscalizar o cumprimento das ações previstas (BRASIL, 2010).

Para Tachini (2010) a avaliação dos danos causados por inundações é uma ferramenta importante sob vários aspectos, já que permite priorizar políticas públicas de prevenção aos bens públicos e privados, desenvolver ferramentas de análise de custo-benefício para medidas de controle de inundações e ainda viabilizar a criação de sistemas de seguro contra inundações.

A avaliação dos danos causados por um desastre resulta em valores de prejuízo. O Ministério da Integração Nacional define ‘prejuízo’ como: “medida de perda relacionada com o valor econômico, social e patrimonial, de um determinado

bem, em circunstâncias de desastre” (BRASIL, 2012a). Assim, o prejuízo é a expressão monetária do dano. Graciosa (2010) comenta que o prejuízo é mais facilmente estimado no caso de danos tangíveis diretos, mas para os danos tangíveis indiretos podem-se estimar os prejuízos com base em lucros cessantes, custos de prestação de socorro, custos de limpeza e desvalorização de bens imóveis. Já os danos intangíveis, como perdas de vidas humanas, não poderiam ser expressos por valores monetários.

Para aumentar a eficácia na alocação dos recursos utilizados para gerenciamento dos desastres naturais no Brasil é necessária a avaliação dos prejuízos econômicos causados. Existem diversos métodos para avaliação dos danos, alguns já consagrados e outros em fase de estudo no país.

### 3 AVALIAÇÃO DE PREJUÍZOS CAUSADOS POR INUNDAÇÕES

A avaliação dos danos causados por um desastre natural, qualquer que seja seu tipo, é complexa e demanda o desenvolvimento de metodologias, que podem ser utilizadas para diferentes tipologias de desastres ou serem elaboradas para mensurar um evento específico. Neste trabalho, propõe-se o estudo de métodos de avaliação de prejuízos causados por inundações urbanas e, portanto, foram apresentados métodos gerais e específicos, que atendem esta tipologia de desastre.

De acordo com Hubert e Ledoux (1999) os métodos para avaliação de prejuízos de desastres naturais podem ser de três tipos, de acordo com os procedimentos utilizados: conceituais, por análise de vulnerabilidade e diretas.

As metodologias conceituais são baseadas em técnicas de análise econômica, e podem ser hedônicas ou contingentes. A análise hedônica baseia-se na premissa de que o controle de inundações é um bem para o qual existe uma demanda e uma disposição a pagar. A análise hedônica busca a identificação desta disponibilidade a pagar por meio de valoração do mercado imobiliário, por exemplo, comparando valores de imóveis em diferentes áreas com o risco de inundação da mesma. Estes diferentes valores, no entanto, podem ser fruto de outras razões que não o risco de inundação no local onde está situado o imóvel, razão pela qual a análise hedônica possui alto grau de incerteza. A análise contingente, por outro lado, aplica questionários junto aos moradores para avaliar a disposição a pagar por medidas de controle de inundações, o que é avaliado por meio de cenários hipotéticos de diferentes tipos de controle (MACHADO et al., 2005).

Ainda segundo Machado et al. (2005), as metodologias baseadas em análise de vulnerabilidade, buscam estabelecer uma associação entre a ocorrência do evento hidrológico e os bens expostos, a fim de obter o dano potencial decorrente da ocorrência de um evento hidrológico de certa magnitude e os recursos disponíveis para fazer frente ao risco. Graciosa (2010) afirma que a vulnerabilidade é muitas vezes avaliada sob o enfoque econômico, partindo da premissa de que quanto maiores os prejuízos decorrentes de uma inundação, maior a vulnerabilidade do sistema àquele evento.

Neste estudo serão aprofundadas somente as metodologias diretas, que ao contrário das conceituais e de análise de vulnerabilidade, buscam medir de forma mais precisa os prejuízos decorrentes dos danos causados pelos desastres. De

acordo com Machado et al. (2005), este tipo de metodologia demanda o detalhamento dos danos, seja com base em inventários de danos em zonas afetadas (dados históricos) ou construção de cenários de danos (dados sintéticos). Para inundações, a metodologia deve buscar as relações funcionais entre os danos de inundações e variáveis hidráulicas da inundação, tais como a profundidade, a duração e a velocidade do escoamento. Os métodos detalhados a seguir foram escolhidos pela sua relevância, sendo citados em trabalhos acadêmicos e científicos. Os dois métodos brasileiros apresentados foram escolhidos por serem ou já terem sido oficialmente adotados no país.

### 3.1 A EXPERIÊNCIA LATINO-AMERICANA: DALA

O método *Damage and Loss Assessment* (literalmente, avaliação de danos e perdas), conhecido pela sigla DaLA, foi desenvolvido em 1972 pela Comissão Econômica para a América Latina e Caribe (CEPAL), da Organização das Nações Unidas. Desde sua criação, diversas agências e órgãos (como a UNESCO e o Banco Mundial) contribuíram para seu aprimoramento. O método é uma ferramenta flexível que pode ser adaptado ao tipo de desastre e às necessidades do país onde é aplicado, e baseia-se nos dados oficiais disponibilizados e na observação dos impactos nos meios de subsistência e rendimentos individuais (WORLD BANK, 2010).

De acordo com o Manual para a Avaliação de Desastres (CEPAL, 2014) os desastres têm efeitos negativos sobre as condições de vida da população, além de afetarem o desempenho econômico dos países ou regiões em que ocorrem. Em países mais desenvolvidos, os desastres tendem a apresentar grandes prejuízos econômicos, devido ao capital acumulado, porém as perdas humanas tendem a ser limitadas. Nos países em desenvolvimento, ao contrário, as perdas humanas tendem a ser elevadas, devido à maior vulnerabilidade, e as perdas de capital, embora em termos absolutos possam ser inferiores, possuem peso relativo e global significativo.

A motivação da criação de um método de avaliação voltado a América Latina e Caribe deve-se à esta diferença, entendendo-se que os países em desenvolvimento necessitam de melhor gerenciamento dos desastres naturais, para que estes não venham a prejudicar sua sustentabilidade econômica. Com longo tempo de desenvolvimento, o método passou a ser utilizado em outros países,

especialmente no continente asiático e seu manual foi traduzido para o inglês, francês e japonês (CEPAL, 2014).

Alguns estudos utilizando este método são citados por World Bank (2010):

- a) Terremoto na Turquia, Ásia – Setembro, 1999
- b) Inundações e Ciclones em Moçambique, África – Março, 2000
- c) Estiagem na América Central – Fevereiro, 2001
- d) Inundações na Guiana, América do Sul – Janeiro, 2005
- e) Pós-Tsunami na Indonésia, Sri Lanka, Maldivas e Índia, Ásia – 2005
- f) Terremoto no Paquistão, Ásia – Novembro, 2005
- g) Pós-Terremoto na Indonésia – Junho, 2006

Pesquisando o termo “*Damage and Loss Assessment Report - Floods*” em mecanismos de busca online, outros relatórios são encontrados, tais como:

- a) Inundações em Santa Catarina – Novembro, 2008
- b) Inundações em Alagoas e Pernambuco (relatórios separados por Estado) – Junho, 2010
- c) Inundações no Rio de Janeiro – Janeiro, 2011
- d) Inundações em Seychelles, África – Junho, 2013
- e) Inundações no Paquistão, Ásia – 2014
- f) Inundações em Malawi, África – Março, 2015

Para Corsi, Azevedo e Gramani (2012), o método DaLA permite realizar a valoração das consequências econômicas, sociais e ambientais de um desastre com uma avaliação dividida por setores. Em setores como habitação, educação, cultura e saúde são estimadas os danos e perdas na área social. Para estimativas na infraestrutura, são considerados serviços relacionados ao transporte, comunicação, energia, água e saneamento. Nos setores produtivos, é realizada por meio dos efeitos na agricultura, pecuária, pesca, indústria, comércio e turismo.

Para aplicação do método, CEPAL (2014) divide os efeitos adversos dos desastres em danos, perdas e custos adicionais. Os danos são causados diretamente pelo desastre e podem ser: ativos físicos, como os edifícios, instalações, equipamentos, meios de transporte, estradas, entre outros; e estoques, de produtos acabados ou em processamento, matérias primas, peças de reposição, entre outros. As perdas são referentes aos fluxos alterados pelo desastre são constituídas pelos bens que se deixa de produzir e serviços que deixam de ser prestados em decorrência do desastre. Já os custos adicionais são os gastos

necessários para produção de bens e prestação de serviços, em caráter emergencial ou após a ocorrência do desastre. Dentro dessa classificação, a estimativa dos danos é útil para definir a “reposição e a reconstrução do patrimônio destruído” e a estimativa de perdas e custos adicionais pode servir de orientação de como as “intervenções setoriais para conseguir a recuperação” podem ser realizadas.

O Quadro 8 apresenta de forma sintetizada os principais setores abordados pelo Manual para a Avaliação de Desastres, divididos em impacto (danos e perdas), propriedade (pública ou privada), impacto externo (receitas e despesas) e variação fiscal.

Quadro 8 - Síntese do método DaLA

SETORES	IMPACTO		PROPRIEDADE		IMPACTO EXTERNO		FISCAL
	Danos (patrimônio, capital, estoques de produção, equipamentos)	Perdas (variações nos fluxos, despesas, receitas)	Pública	Privada	Receitas (exportações, investimentos, créditos, empréstimos)	Despesas (importações, pagamento de bônus, juros sobre o crédito)	
Habitação							
Educação							
Cultura							
Saúde							
	<i>Sociais</i>						
	<i>Infraestrutura</i>						
Transporte (terrestre, aquático, aéreo)							
Comunicação							
Energia							
Água e saneamento							
	<i>Produtivos</i>						
Agricultura							
Pecuária							
Avicultura							
Pesca							
Florestal							
Indústria							
Comércio							
Turismo							
	<i>Efeitos globais e transversais</i>						
Impacto Macroeconômico							
Enfoque de Gênero							
Meio Ambiente							

Fonte: Adaptado de CEPAL, 2014 e Ribas, 2014.

No Brasil, o DaLA já foi aplicado para diversos eventos. Para um deles, ocorrido no litoral do Estado do Paraná, envolvendo inundações e deslizamentos de terra, Ribas (2014) comparou os resultados obtidos com o DaLA e com o AVADAN. Pela aplicação do DaLA estimou-se os prejuízos em 211 milhões de reais, contra 89 milhões de reais estimados pelo AVADAN, demonstrando que os prejuízos contabilizados pelo AVADAN foram apenas 58% dos verificados pelo DaLA. Esse resultado deve-se ao menor número de variáveis considerados no AVADAN, que não contempla, por exemplo, os danos indiretos e as alterações de fluxos.

### 3.2 CURVAS DE PREJUÍZO (DIVERSOS PAÍSES)

As curvas de prejuízo são utilizadas em diversos países. As mais comuns são as de Dano por Profundidade de Submersão (DPS), que buscam relacionar os danos causados por inundações à variável profundidade de submersão, sem considerar a duração e a velocidade de escoamento. Segundo Salgado (1995), as curvas DPS consistem na apresentação do valor monetário do prejuízo associado a cada altura de inundação, para cada tipo de unidade econômica, separadamente para edificação, conteúdo e estoque (inventário). Machado et al. (2005) afirmam que a construção de curvas DPS é bastante trabalhosa, quando se considera a variabilidade dos danos expostos, mesmo para um único setor, como o habitacional.

Um dos trabalhos mais detalhados de construção desse tipo de função foi realizado para a Inglaterra e País de Gales (Penning-RowSELL e Chatterton, 1977), para os setores habitacional, comercial, de serviços, industrial e agrícola, com base em análise a priori de danos. Dentre os estudos realizados para construção de curvas DPS com dados históricos, pode-se citar:

- a) Aitken (1974) apud Machado (2005), para a Austrália;
- b) Cur e Taw (1990) apud Machado (2005), para a Holanda;
- c) Torterotot (1993), com dados de oito cidades da França;
- d) Dutta et al. (2001), para a bacia hidrográfica do rio Ichinomiya, Japão;
- e) Lima (2003), para o município de Itajubá, Brasil;
- f) Machado (2005), para os setores de comércio e serviços no município de Itajubá, Brasil.

Já a construção de curvas DPS com utilização de dados sintéticos foi objeto dos trabalhos de:



- a) Penning-Rowsell e Chatterton (1977), na Inglaterra;
- b) Salgado (1995), no município de São João de Meriti, Brasil;
- c) Machado (2005), para os danos às propriedades residenciais em Itajubá, Brasil;
- d) Côrtes (2009), para os setores de comércio e serviços no município de Itajubá, Brasil.

Machado et al. (2005) salientam que além das dificuldades de estabelecimento das curvas DPS, deve-se ter em conta sua validade relativamente curta, principalmente em razão do progresso tecnológico, que pode implicar em mudanças de padrões e de métodos construtivos, bem como na diversidade de tipos, modelos e quantidade de bens de conteúdo (móveis, eletrodomésticos, máquinas e equipamentos de escritório ou industriais, entre outros). Outro fator de desatualização está associado a mudanças de mercado, como o aumento do valor imobiliário, que pode conduzir a um uso mais intenso das áreas construídas tanto no setor habitacional como no de comércio e serviços, resultando em uma maior quantidade de bens de conteúdo expostos por unidade de área.

Para Dutta et al. (2003), as curvas de prejuízo podem ser desenvolvidas com dois propósitos distintos: a alocação de recursos para a reconstrução de áreas após um evento; e a avaliação de danos potenciais na bacia hidrográfica. Para a primeira situação, as curvas devem ser baseadas nos dados referentes ao evento único que se deseja estudar. Já para a avaliação de danos potenciais, para fins de planejamento ou gerenciamento de longo prazo, devem-se utilizar dados históricos de prejuízos por inundação.

Uma crítica ao modelo de curvas DPS é o cálculo dos prejuízos somente em função da altura de submersão. O Departamento de Recursos Naturais e Minas de Queensland, Austrália (DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES AND MINES, 2002) afirma que, para cheias de períodos de retorno muito altos, em torno de 100 anos, ocorrem velocidades de escoamento capazes de demolir uma estrutura e provocar sua perda total. Assim, a análise dos prejuízos referentes às cheias de períodos de retorno muito altos com base em curvas de prejuízo fica comprometida. Podem ser então, estruturadas curvas que levem em conta outras variáveis da cheia, porém sua construção é ainda mais trabalhosa.

No Brasil, as curvas DPS estão em nível de estudos, mas estes demonstram as possibilidades para sua utilização. A nível internacional, alguns países já

consolidaram seu uso. Dutta et al. (2001) apresentam as metodologias seguidas pelo Japão, Reino Unido, Estados Unidos e Austrália. Desses países, apenas a Austrália não possuía ainda a padronização de método baseado em curvas DPS, mas os esforços se encaminhavam nessa direção. Dutta et al. (2003) comentam que no Japão, o Ministério de Construção desenvolveu curvas de prejuízo padrão, que computam os danos às estruturas e ao seu conteúdo, baseadas em dados históricos de prejuízos por inundação registrados desde 1954, e que são utilizadas para o gerenciamento do risco de inundações em todo o país.

Graciosa (2010) afirma que os Estados Unidos, a Alemanha e a Inglaterra realizaram estudos intensivos e disponibilizam curvas de prejuízo válidas para a realidade de cada país, as quais podem ser utilizadas para a estimativa dos prejuízos por inundação para fins de gerenciamento do risco. A autora defende que “o levantamento de curvas de prejuízo generalizadas, feito em âmbito institucional, constitui um passo importante no gerenciamento do risco, o qual deve ser buscado como meta de gestão do risco de desastres naturais”.

Com as curvas de prejuízo associadas ao geoprocessamento é possível criar mapas de danos potenciais, uma importante ferramenta para o gerenciamento das inundações. Os mapas, expressos em termos de prejuízos econômicos, se diferenciam dos mapas de inundação que mostram a área inundada e a profundidade de submersão para diferentes períodos de retorno. Para elaboração dos mapas de inundação são necessários os dados topográficos da bacia e os níveis de inundação simulados por período de retorno. Já para confecção dos mapas de danos potenciais são necessários os mapas de inundação e de uso e ocupação do solo, bem como as curvas de prejuízo por categoria de uso e ocupação do solo (COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS, 2006).

Graciosa (2010) afirma que com base neste tipo de mapa é possível definir as ações que serão tomadas, como o planejamento das leis de zoneamento e dos sistemas de proteção, quais áreas interditar em caso de evento iminente, para quem emitir o alerta de inundação, quais sistemas de proteção acionar, quantas pessoas evacuar e para onde, como remanejar os serviços de transporte, entre outras.

Os países que implementaram com sucesso os métodos baseados em curvas de prejuízo iniciaram o processo de automação das análises, construindo modelos que, unindo diferentes ferramentas, como o geoprocessamento e a modelagem hídrica, possibilitariam melhorias no gerenciamento de inundações.

### 3.3 A EXPERIÊNCIA NORTE-AMERICANA: HEC-FDA E HAZUS-MH

Nos Estados Unidos da América (EUA), diferentemente da tendência observada em outros países, como Japão e Inglaterra, não há um método padrão para realizar a avaliação dos prejuízos causados por desastres (BRUJIN, 2001). Dois modelos são comumente utilizados no país, o HEC-FDA e o HAZUS-MH.

O HEC-FDA foi desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército (*U.S. Army Corps of Engineers*), por intermédio do Centro de Engenharia Hidrológica (*Hydrologic Engineering Center – HEC*). O sufixo FDA é a abreviação de *Flood Damage Analysis*, ou Análise de Danos de Inundação. O *software* foi produzido para auxiliar a análise de riscos e estudos de redução de danos causados por inundações. O HEC-FDA possui modelo hidrológico integrado a funções de prejuízo, podendo apresentar resultados dos prejuízos esperados para um evento ou em termos de performance de projeto, caso sejam inseridos cenários alternativos (USACE, 1998; DUTTA et al., 2001; KARAMAHMUT, 2006). O FDA permite que o usuário defina as curvas DPS para cada tipo de ocupação, permitindo a divisão dos danos em Estrutura, Conteúdo e Outros. Essas funções devem ser calculadas conforme definido na seção 3.2 (Curvas de Prejuízo). Dutta et al. (2001) afirmam que este método é bastante eficiente para a estimativa de prejuízos relativos às edificações, porém não contempla os sistemas essenciais, os serviços de atendimento à população e os danos indiretos.

Em inglês, a sigla HAZUS-MH representa “Ameaças Naturais nos Estados Unidos – Múltiplas Ameaças” (*Hazard United States – Multiple Hazards*). Esse método foi desenvolvido para auxiliar na prevenção e resposta a eventos sísmicos e posteriormente foi expandido para análises de furacões e inundações repentinas e graduais. A análise de inundações pode ser realizada em três diferentes níveis: no primeiro pode-se utilizar o banco de dados nacional disponível no próprio *software*; no segundo, um usuário com maior experiência pode inserir dados locais adicionais; e no terceiro, um usuário avançado pode realizar ajustes nas curvas de prejuízos (FEMA, 2004; KARAMAHMUT, 2006).

Karamahmut (2006) salienta que este método possibilita estimativas rápidas no primeiro e segundo níveis, porém os resultados só seriam acurados com a utilização do terceiro nível, que requer dados mais detalhados do local e ajustes nas curvas de prejuízo utilizadas.

Esse modelo merece destaque pela possibilidade de internacionalização, desde que os dados utilizados sejam adaptados. A versão americana, em conjunto com a plataforma ArcGIS da empresa ESRI e um extenso banco de dados dos Estados Unidos possibilita a estimativa de perdas físicas, econômicas e sociais causadas por um desastre natural (furacões, terremotos ou inundações) em determinada região. Os resultados fornecidos, na forma de mapas, relatórios e tabelas, podem ser utilizados antes que o desastre ocorra, possibilitando a tomada de ações para o aumento da resiliência da região, durante a ocorrência do evento, verificando-se locais prioritários de ação e após o evento estudando formas de reduzir perdas em eventos futuros (FEMA, 2014).

Embora tenha sido desenvolvido para utilização nos Estados Unidos, diversos esforços vêm sendo realizados no sentido de internacionalizar a utilização do HAZUS-MH, principalmente pela comunidade acadêmica europeia. O *software* se utiliza de dados, que devem ser ajustados para a realidade do país onde se queira trabalhar. O programa demanda as características geográficas da região, um histórico de perdas e danos causados por eventos anteriores, os dados estruturais e demográficos da região e os parâmetros de cálculo de perdas (FEMA, 2014).

Alguns estudos de caso do uso internacional do HAZUS-MH têm sido realizados nos últimos anos em regiões fora dos Estados Unidos. Um dos primeiros estudos bem sucedidos foi realizado por Bausch (2010, apud KAVECKIS, 2011), que desenvolveu uma avaliação do terremoto no Haiti em 2010, com o foco principal de formação de banco de dados para a avaliação de possíveis danos. Não havia publicações sobre a utilização internacional do modelo de inundação do HAZUS-MH, até Kulmesch (2010, apud KAVECKIS, 2011) que desenvolveu manualmente um inventário de uma região na Áustria para a estruturação de um modelo de inundação no HAZUS-MH. Um estudo realizado por Kaveckis (2011) com sucesso mostrou como o HAZUS-MH poderia contribuir significativamente para apoiar o *European Flood Directive* (que requer que os países membros mapeiem o risco de inundação de seus cursos d'água e tomem medidas para reduzir os riscos) a nível nacional.

### 3.4 A EXPERIÊNCIA INGLESA: ESTDAM E MDSF

Na Inglaterra, para obtenção de recursos federais para gestão de inundações, os gestores locais devem obrigatoriamente utilizar uma metodologia padrão de

avaliação do desastre. Essa metodologia é baseada nos estudos liderados pelo Centro de Pesquisas de Inundações (*Flood Hazard Research Center – FHRC*), da Universidade *Middlesex* (DUTTA et al., 2001). Esses estudos resultaram na publicação de quatro manuais: o *Blue Manual*, de 1977, com técnicas de avaliação de prejuízos de inundações para o setor residencial e uma série de curvas DPS; o *Red Manual*, de 1987, com curvas DPS e técnicas de avaliação para outros setores; o *Yellow Manual*, de 1992, com foco nas inundações costeiras; e o *Multi-Coloured Manual*, de 2003, com as técnicas apresentadas nos manuais anteriores e curvas de prejuízo atualizadas.

As curvas de prejuízo do *Multi-Coloured Manual* consideram não somente a variável profundidade, mas também a duração da inundação (mais ou menos de 12 horas), se a inundação é costeira ou não (já que as águas salgadas causam maiores danos às estruturas) e se houve alarme com antecedência mínima de 2 horas (KARAMAHMUT,2006). A consideração dessas variáveis torna essas curvas mais precisas que as curvas DPS. As curvas de prejuízo no país seguem a metodologia padrão definida pelos manuais, porém diversos modelos são utilizados para otimizar a avaliação de prejuízos. Dois dos mais utilizados são o ESTDAM e o MSDF.

O ESTDAM foi desenvolvido pelo FHRC em conjunto com os estudos que originaram o *Blue Manual*. É um modelo sem base em um Sistema de Informações Geográficas, e sua utilização é mais adequada para escala local, podendo ser aplicado propriedade a propriedade. O ESTDAM possui sistema de modelagem hidrológica integrado e é capaz de calcular a profundidade de submersão para cada propriedade. Em seguida, o modelo define a curva de prejuízo adequada, de acordo com a tipologia de uso da propriedade, e calcula o prejuízo total para a propriedade (PENNING-ROWSELL et al., 1987). O ESTDAM foi desenvolvido na década de 70, e para apresentar resultados coerentes com a realidade atual as curvas de prejuízo originais devem ser substituídas pelas apresentadas no *Multi-Coloured Manual* (KARAMAHMUT,2006).

Outro sistema utilizado na Inglaterra é o MDSF (*Modelling and Decision Support Framework*), desenvolvido em 2001 por diversos parceiros, dentre eles o FHRC da Universidade *Middlesex* e o Departamento de Meio Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais (*Department for Environment Food and Rural Affairs - DEFRA*). O MDSF foi desenvolvido como uma ferramenta de trabalho, para utilização na plataforma ArcGIS da empresa ESRI. O MDSF também utiliza as curvas de prejuízo

apresentadas no *Multi-coloured Manual*, mas diferentemente do ESTDAM, o modelo hidrológico deve ser aplicado separadamente. Este modelo é utilizado principalmente para avaliação dos efeitos sociais e econômicos de ações de controle de inundações e suas principais características são: a visualização espacial; a avaliação da extensão e profundidade da inundação (utilizado modelo hidrológico não integrado); cálculo dos prejuízos econômicos causados; cálculo dos impactos sociais, incluindo população em áreas de risco e sua vulnerabilidade social; estimativa das incertezas dos resultados e comparação dos danos econômicos com os impactos sociais (DEFRA, 2003; DEFRA, 2004).

Karamahmut (2006), cita como benefícios desse sistema a visualização georreferenciada, que facilita a utilização, e o banco de dados de estudos de caso. Cada caso contempla um cenário climático, características de uso do solo e a adoção de uma política de gerenciamento. A utilização dos casos pode auxiliar os tomadores de decisão a definir sua estratégia de gerenciamento de inundações.

### 3.5 A EXPERIÊNCIA AUSTRALIANA: ANUFLOOD

O Departamento de Recursos Naturais e Minas (*Department of Natural Resources and Mines*) publicou em 2002 o Guia para Avaliação de Danos Tangíveis causados por Inundações. Esse documento recomenda a adoção das curvas de prejuízo desenvolvidas para o modelo ANUFLOOD. Essas curvas consideram, além da profundidade de submersão, o tamanho da propriedade para as categorias residenciais e comerciais e os tipos de conteúdo para as categorias comerciais (DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES AND MINES, 2002).

O ANUFLOOD foi desenvolvido pela Universidade Nacional da Austrália, por meio do Centro de Recursos e Estudos Ambientais (*Center for Resource and Environmental Studies – CRES*). O modelo utiliza informações de cada propriedade, como localização, cota do terreno, altura dos pisos, padrão construtivo, valor, entre outros. O sistema possui modelo hidrológico integrado, que permite o cálculo da profundidade de submersão, e um banco de curvas de prejuízo para a avaliação dos danos diretos. Para os danos indiretos são utilizadas as percentagens de 15% dos danos diretos para as propriedades residenciais e 55% dos danos diretos para as propriedades comerciais. O sistema permite ainda que o usuário insira curvas de

prejuízo personalizadas (DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES AND MINES, 2002; KARAMAHMUT, 2006).

### 3.6 A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA: AVADAN E FIDE

Antes da publicação da Instrução Normativa nº 01/2012 existiam dois formulários padronizados para a captação e registro de informações sobre desastres, o de Notificação Preliminar de Desastres (NOPRED) e o de Avaliação de Danos (AVADAN). Atualmente o Formulário de Informações do Desastre (FIDE) é o formulário padrão brasileiro (MI; SEDEC, 2007b; BRASIL, 2012a).

O NOPRED tinha por finalidade alertar a ocorrência de desastre e formalizar as informações preliminares para os órgãos de coordenação. Esse formulário deveria ser preenchido num prazo máximo de 12 horas após a ocorrência do desastre, de forma manual, e encaminhado aos órgãos do Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC). Já o AVADAN tinha por finalidade informar com precisão as características dos desastres, com os danos humanos, materiais e ambientais provocados e os prejuízos resultantes. Esse formulário deveria ser preenchido em no máximo cinco dias após a ocorrência do desastre, de forma manual, e encaminhado aos órgãos do SINDEC. Destaca-se que esse manual deveria ser preenchido por equipe habilitada e que as informações registradas deveriam ser precisas e confiáveis (MI; SEDEC, 2007b).

O objetivo do preenchimento desses dois formulários era possibilitar, pelo processamento das informações registradas, a facilitação do processo decisório, uma visão global dos desastres no país e aprofundar o conhecimento sobre a magnitude dos desastres e a vulnerabilidade das áreas atingidas. Porém, embora o Manual para a Decretação de Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública recomendasse que os formulários fossem preenchidos para todos os desastres, independente da necessidade de decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública, na prática muitos desastres, de menor porte, não eram notificados e avaliados (KOBAYAMA et al., 2006; MI; SEDEC, 2007b).

Ainda de acordo com o Manual para a Decretação de Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública (MI; SEDEC, 2007b, p. 46), o AVADAN era o “registro oficial dos desastres, informando sobre as características

intrínsecas do fenômeno adverso que causou o desastre, sobre a área afetada pelo desastre e sobre o nível de intensidade do mesmo”, com o objetivo de

informar detalhadamente o SINDEC sobre as características intrínsecas do evento (fenômeno) adverso causador do desastre e sobre a área afetada pelo mesmo; avaliar e registrar a intensidade do desastre resultante; avaliar e registrar os danos humanos, materiais e ambientais provocados pelo desastre; avaliar e registrar os prejuízos econômicos e sociais resultantes; e caracterizar a fonte oficial das informações e as agências do SINDESB que foram informadas.

Sua estruturação contém sete conjuntos de dados, sendo eles:

- 1) O primeiro conjunto, constituído pelos itens «1», «2» e «3», informa sobre o tipo do desastre, a data da ocorrência e o município afetado.
- 2) O segundo conjunto, constituído pelos itens «4» e «5», delimita a área afetada e informa sobre as características intrínsecas do fenômeno adverso causador do desastre.
- 3) O terceiro conjunto, constituído pelos itens «6», «7» e «8», informa sobre os danos provocados pelo desastre.
- 4) O quarto conjunto, constituído pelos itens «9» e «10», informa sobre os prejuízos resultantes do desastre.
- 5) O quinto conjunto, constituído pelo item «11», informa sobre a capacidade econômica do município afetado.
- 6) O sexto conjunto, constituído pelo item «12», apresenta uma avaliação sobre a intensidade do desastre.
- 7) O sétimo conjunto, constituído pelos itens «13», «14» e «15», caracteriza a agência de informações, as agências do SINDESB que estão sendo informadas e informações sobre a moeda e taxa de conversão (MI; SEDEC, 2007b, p. 46).

O Quadro 9 apresenta a divisão dos danos avaliados pelo AVADAN. Para cada dano são apresentados indicadores que deveriam ser preenchidos, juntamente com uma estimativa do prejuízo. Ao final do formulário deveria ainda ser avaliada a intensidade do desastre e definida a necessidade ou não de suporte financeiro externo.



Quadro 9 - Tipologias de danos avaliadas pelo AVADAN

<b>Danos causados pelo desastre</b>				
<b>Humanos</b>	<b>Materiais</b>	<b>Ambientais</b>	<b>Econômicos</b>	<b>Sociais</b>
<i>Número de pessoas (por faixa etária)</i>	<i>Edificações (Danificadas ou Destruídas)</i>	<i>Recursos Naturais (Intensidade do dano)</i>	<i>Setores da economia</i>	<i>Serviços essenciais</i>
Desalojadas	Residenciais Populares	Água	Agricultura	Abastecimento de água
Desabrigadas	Residenciais - Outras	Solo	Pecuária	Energia Elétrica
Deslocadas	Públicas de Saúde	Ar	Indústria	Transporte
Desaparecidas	Públicas de Ensino	Flora	Serviços	Comunicações
Levemente Feridas	<i>Infraestrutura Pública</i>	Fauna		Esgoto
Gravemente Feridas	Obras de Arte			Gás
Enfermas	Estradas			Lixo
Mortas	Pavimentação de Vias			Saúde
Afetadas	Outras			Educação
	Comunitárias			Alimentos Básicos
	Particulares de Saúde			
	Particulares de Ensino			
	Rurais			
	Industriais			
	Comerciais			

Fonte: Adaptado de MI; SEDEC, 2007b.

O FIDE não apresenta grandes modificações em relação ao AVADAN, mas o formulário foi simplificado e passou a ser digital, sendo inserido no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres em até 10 dias após a ocorrência do desastre, podendo ser atualizado se necessário. O Quadro 10 apresenta os danos avaliados pelo FIDE, destacando-se que ao contrário do AVADAN não é necessária a avaliação global do desastre e análise da magnitude do mesmo.

Quadro 10 - Tipologias de danos avaliadas pelo FIDE

<b>Danos causados pelo desastre</b>				
<b>Humanos</b>	<b>Materiais</b>	<b>Ambientais</b>	<b>Econômicos</b>	<b>Sociais</b>
<i>Número de pessoas</i>	<i>Edificações (Danificadas ou Destruidas)</i>	<i>Recursos Naturais (População Afetada)</i>	<i>Setores da economia</i>	<i>Serviços essenciais</i>
Desalojadas	Unidades Habitacionais	Água	Agricultura	Abastecimento de água
Desabrigadas	Públicas de Saúde	Solo	Pecuária	Energia Elétrica
Desaparecidas	Públicas de Ensino	Ar	Indústria	Transporte
Feridas	Instalações Prestadoras de Outros Serviços	Exaurimento Hídrico	Serviços	Telecomunicações
Enfermas	Instalações Públicas de Uso Comunitário	Incêndios em UCs	Comércio	Drenagem
Mortas	Obras de Infraestrutura Pública			Gás
Afetadas				Limpeza Urbana
Outros afetados				Saúde
				Ensino
				Pragas e Vetores
				Combustíveis
				Segurança Pública
				Drenagem

Fonte: Adaptado de Brasil, 2012a.

Por se tratar de um método recente, ainda não existem análises aprofundadas dos impactos das modificações realizadas, porém Viana (2015) afirma que, para estudos na área da saúde, a estratificação por faixa etária é essencial e essa informação foi retirada na nova versão do formulário e Pinheiro e Garcias (2014, p. 212) afirmam que a adoção do FIDE como método para avaliação dos danos e prejuízos no Brasil é questionável, já que “num país em desenvolvimento que tem apresentado sucessivo aumento no número de desastres, deveria haver interesse em mensurar de forma mais precisa os seus reais impactos sobre a sociedade e, principalmente, sobre o desenvolvimento do País”.

Embora existam estudos pontuais de elaboração de curvas de prejuízo no país, como o elaborado por Machado (2005) e Cançado (2009), ainda inexistem curvas de prejuízo padronizadas, impedindo a implementação de sistemas automatizados como os utilizados nos Estados Unidos, Inglaterra e Austrália. Graciosa (2010) cita como outras dificuldades para o desenvolvimento e aplicação

de iniciativas semelhantes no Brasil a carência de dados hidrológicos, já que a maioria das sub-bacias não dispõe de séries históricas de precipitação e vazão suficientemente longas, ininterruptas e confiáveis, para calibrar os parâmetros dos modelos hidrológicos possibilitando, assim, a quantificação dos riscos. Os postos pluviométricos são mais comuns que os fluviométricos, mas, não raro, eles apresentam lacunas nos dados que comprometem a obtenção de parâmetros estatísticos confiáveis. Algumas cidades possuem monitoramento de vazão nos canais principais, mas não nos canais de drenagem das microbacias urbanas, nas quais tem origem grande parte dos problemas de inundações. Além disso, são necessárias cartas topográficas atualizadas e em escala adequada à geração de manchas de inundação, bem como cadastros atualizados das redes de drenagem, para a modelagem e simulação dos processos de alagamento e inundação. O levantamento destes dados é usualmente feito mediante a demanda de projetos específicos e não existe uma base única e acessível que permita sua aplicação em larga escala.

### 3.7 FERRAMENTAS DE SUPORTE À AVALIAÇÃO DE PREJUÍZOS

Para melhor compreensão de alguns dos métodos estudados é interessante abordar duas ferramentas de suporte que podem ou ser aliadas ao método, potencializando sua aplicação, ou serem essenciais para a aplicação.

A primeira delas é a modelagem hidrológica. Um modelo hidrológico ou hidráulico busca uma representação matemática dos processos que envolvem o ciclo da água na superfície, tendo normalmente como objeto de estudo, a bacia hidrográfica. O uso de modelos pretende a antecipação de eventos e a análise do impacto das ações do homem em relação à água na superfície. De acordo com as características do modelo escolhido há uma resposta para o objetivo da sua utilização (VIESSMAN JUNIOR; LEWIS, 2002).

Segundo Tucci (1998), os modelos podem ser contínuos ou discretos. Os modelos contínuos são aqueles em que os fenômenos são modelados continuamente no tempo e os modelos discretos são aqueles em que as mudanças de estado se dão em intervalos discretos (definidos por números reais). Os sistemas hidrológicos são contínuos, mas normalmente são representados por modelos discretos.

Ainda de acordo com Tucci (1998) os modelos discretos podem ser ainda ser concentrados ou distribuídos. Os modelos concentrados não levam em conta a variabilidade espacial e utilizam somente o tempo como variável independente. Nos modelos distribuídos os parâmetros dependem do espaço e do tempo.

Os modelos aplicáveis à gestão das inundações em geral são os de propagação de fluxo, utilizados para prever mudanças na magnitude, extensão e forma de uma onda de cheia em função do tempo em um ou mais pontos ao longo do curso d'água, ou seja, modelos que acompanham a formação da cheia, mostrando as variações na profundidade, velocidade e área superficial do curso d'água modelado. Os métodos de propagação são classificados como hidrológicos (concentrados, baseados em equações empíricas) e hidráulicos (distribuídos, baseados em processos físicos). Na propagação hidrológica o fluxo é calculado como uma função do tempo em um local ao longo do curso d'água. Na propagação hidráulica o escoamento é calculado em função do tempo simultaneamente em várias seções ao longo do curso d'água (VIESSMAN JUNIOR; LEWIS, 2002).

Existem diversos modelos aplicáveis à gestão das inundações e a escolha do mais adequado está sujeita a disponibilidade de dados. De acordo com USACE (2004), são exemplos de modelos hidrológicos: o modelo HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System*); TR-20 e TR-55 *Computer Program for Project Hydrology*; o módulo RUNOFF do modelo SWMM (*Storm Water Management Model*); MIKE 11 UHM; HYMO (*Hydrological Model Computer Language*); e USGS (*Rainfall-Runoff Model*). Côrtes (2009) cita ainda os modelos brasileiros IPH II (Instituto de Pesquisas Hidráulicas) e ABC (Universidade de São Paulo). Também segundo USACE (2004) são exemplos de modelos hidráulicos de escoamento permanente: HEC-RAS (*Engineering Center- River Analysis System*); WSPRO (*Water-Surface Profile Computation Model*); FLDWY; QUICK-2; HY8; e MIKE 11.

Além dos modelos hidrológicos, o geoprocessamento também é uma ferramenta que pode ser aliada aos métodos estudados. Entende-se por geoprocessamento o conjunto de atividades de aquisição, tratamento, interpretação e análise de dados sobre a Terra. O geoprocessamento envolve diversas atividades, que podem ser gerenciadas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Esses sistemas realizam o tratamento computacional de dados geográficos, capazes

de armazenar tanto atributos descritivos quanto geometrias de diferentes tipos de dados. (TIMBÓ, 2001; CÂMARA, 2005).

Para a utilização de um SIG são necessários dados relacionados à área de estudo. Câmara (2005) cita como tipos de dados:

- a) Dados temáticos: descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, expressa de forma qualitativa;
- b) Dados cadastrais: distinguem-se dos dados temáticos uma vez que cada um de seus elementos é um objeto geográfico que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas;
- c) Redes: denotam informações associadas a serviços de utilidade pública tais como água, luz, telefone, redes de drenagem (bacias hidrográficas), e rodovias;
- d) Modelos Numéricos do Terreno (MNT): utilizados para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. A representação matricial do MNT é chamada de MDT (Modelo Digital do Terreno);
- e) Imagens: são obtidas por satélites, fotografias aéreas ou scanners. São armazenadas como matrizes onde cada elemento de imagem denominado pixel, possui um valor correspondente.

Para o planejamento de bacias hidrográficas e gestão de inundações são necessários os dados topográficos da região, que dão suporte aos modelos hidrológicos e hidráulicos e os dados físicos locais, incluindo limites administrativos, áreas edificadas, características ambientais, rede de drenagem, entre outros. Com a utilização deste tipo de ferramenta unida à modelagem hidráulica e hidrológica é possível a integração de vários tipos de dados, utilização de diferentes modelos matemáticos e visualização dos resultados em mapas de alta resolução (CÔRTEZ, 2009).

Dentre os diversos SIG's existentes, pode-se citar como exemplos os softwares livres Spring, Quantum GIS e Terra View, e os softwares proprietários ArcGIS (ESRI), AutoCAD Map (Autodesk) e MapInfo (Bentley Systems).

Côrtes (2009) cita diversos modelos hidrológicos e hidráulicos que podem ser utilizados em ambiente SIG, dentre eles: HEC GeoHMS e HEC GeoRAS, que utilizam o ambiente ArcMAP; FLO-2D, que possui interface em shapefile; e RiverCAD, integração do modelo HEC-RAS com o AutoCAD. A integração da

modelagem hídrica e hidrológica com o geoprocessamento permite, por exemplo, a visualização das manchas de inundação, com informação associada de profundidade e velocidade do escoamento, auxiliando no planejamento das áreas suscetíveis.

## 4 METODOLOGIA

Silva e Menezes (2005, p. 19) definem pesquisa como o ato de “procurar resposta para indagações propostas” e ainda como um conjunto de ações que “tem por base procedimentos racionais e sistemáticos”. Para a realização desta pesquisa está proposto o problema “Qual o papel da avaliação de prejuízos para a gestão das inundações urbanas?”. Para solucionar essa questão a pesquisa está estruturada em duas fases principais.

A primeira é de caráter exploratório, que visa buscar o conhecimento necessário para realização da pesquisa. Segundo Gil (2010), essa fase proporciona uma visão geral do cenário da pesquisa, uma etapa de investigação para compilar informações e conhecimentos acerca de determinado assunto. Nesta pesquisa esta fase é constituída pelo referencial teórico, que aprofunda os temas principais do estudo. A segunda fase do trabalho é analítica e caracteriza-se por identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos (GIL, 2010). Neste trabalho constitui-se da análise dos métodos estudados e seu papel na gestão de inundações urbanas.

Quanto à sua natureza, esta pesquisa caracteriza-se como pesquisa aplicada, pois busca gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. Quanto à abordagem, caracteriza-se como qualitativa, baseada na “interpretação de fenômenos e atribuição de significados (SILVA; MENEZES, 2007). Em síntese, a pesquisa se caracteriza como de natureza aplicada, de abordagem qualitativa, constituindo-se de fase exploratória (referencial teórico) e analítica (análise dos métodos e da gestão de inundações urbanas).

### 4.1 ESTRUTURA DA PESQUISA

A pesquisa foi estruturada de modo a cada Objetivo Específico estar relacionado a um Capítulo e possuir um método próprio para seu cumprimento. O Quadro 11 apresenta esta estrutura, relacionando os Objetivos Específicos, o Método utilizado para seu cumprimento, o Capítulo relacionado e o Produto da aplicação do método.

Quadro 11 - Estrutura da pesquisa

Objetivos	Método	Capítulo	Produtos
Estudar os danos causados pelas inundações urbanas e as formas de gestão utilizadas no Brasil.	Levantamento bibliográfico sobre inundações como fenômeno e como desastre natural e sobre a gestão das inundações nas cidades.	Gestão de Inundações Urbanas	Levantamento Bibliográfico
Detalhar os métodos diretos de avaliação de prejuízos a serem analisados.	Levantamento bibliográfico sobre métodos de avaliação de prejuízos, com detalhamento de aspectos relevantes de cada um.	Avaliação de Prejuízos causados por Inundações Urbanas	Levantamento Bibliográfico
Classificar os métodos diretos de avaliação de prejuízos causados por inundações urbanas.	Classificação dos métodos com base nos estudos realizados, reunindo características comuns e pontos positivos e negativos.	Resultados e Discussão	Síntese dos métodos diretos de avaliação de prejuízos
Analisar os métodos diretos de avaliação de prejuízos causados por inundações urbanas.	Análise dos métodos por meio da Matriz de Requisitos. Essa matriz apresenta os elementos necessários para aplicação dos métodos e permite a visualização de características.		Matriz de Requisitos
Analisar a utilização de estimativas de prejuízo na gestão de inundações urbanas no estado do Paraná.	Discussão da gestão de inundações no Estado do Paraná e a utilização dos valores estimados de prejuízos. A análise realizada baseou-se na Matriz de Requisitos e em entrevistas realizadas com representantes de dois órgãos estaduais.		Desafios e possibilidades para a gestão de inundações no Paraná

Fonte: a autora, 2015.

## 4.2 MÉTODOS DA PESQUISA

### 4.2.1 Levantamento Bibliográfico

Para o primeiro e segundo objetivos específicos utilizou-se como método o levantamento bibliográfico, que consiste no levantamento de informações apresentadas por outros autores, realizando-se análise crítica em relação às informações apresentadas e proporcionando, no texto, o diálogo entre as diferentes ideias.

Para o estudo dos danos causados pelas inundações urbanas e as formas de gestão desses eventos e para o aprofundamento bibliográfico dos métodos de avaliação de prejuízos causados por inundações urbanas foram utilizados artigos publicados em periódicos impressos ou eletrônicos, artigos apresentados em eventos científicos, livros, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Foram estudados dez métodos, selecionados por obedecer a dois critérios: serem utilizados



no Brasil, ainda que de forma pontual, ou serem citados como referência em gestão de riscos em artigos internacionais. Os dez métodos estudados foram: AVADAN, FIDE, DaLA, Curvas DPS Históricas, Curvas DPS Sintéticas, ANUFLOOD, ESTDAM, FDA, HAZUS-MH e MDSF.

#### **4.2.2 Classificação e análise dos métodos de avaliação de prejuízos causados por inundações urbanas**

Com base no levantamento bibliográfico realizado, os métodos foram classificados, buscando-se ordenar as diversas formas de análise e reunir métodos com características semelhantes. As características analisadas para a classificação foram as vantagens e desvantagens de cada uma, a forma de aplicação, as necessidades técnicas e as possibilidades de utilização na gestão das inundações.

A análise dos métodos se deu pela elaboração da Matriz de Requisitos, uma matriz do tipo L baseada no relacionamento de dois conjuntos distintos de dados. A Matriz de Requisitos elaborada adaptou as ideias presentes no conceito do Diagrama em Matriz apresentado por Dellaretti Filho (1996) e na Matriz de Competências estudada por Fernandes et al. (2011). Para fins de elaboração da Matriz, considerou-se que requisitos são os dados, sistemas, informações ou qualquer outro item necessário para se conseguir a aplicação efetiva de um método. Assim, os requisitos são os *inputs* necessários para os métodos.

A estrutura da matriz contém dois conjuntos de dados. O primeiro, disposto nas colunas, contempla os métodos de avaliação de prejuízos. O segundo, disposto nas linhas, diz respeito aos requisitos necessários para a aplicação, de natureza Institucional (relativos a recursos humanos e tecnológicos da instituição responsável) e Técnica. Os requisitos de natureza técnica foram subdivididos em: Antrópicos, relacionados às atividades humanas, construções e ocupação; Financeiros, relacionados aos valores dos bens móveis e imóveis; e Físicos, relativos às características geomorfológicas e hidrológicas da área afetada.

Os requisitos foram listados de acordo com a pesquisa bibliográfica, sendo citados desde que utilizados por no mínimo um dos métodos estudados. Não são contemplados alguns requisitos importantes (como a estratificação social da população afetada, condições de resiliência ou participação social) por esses fatores não serem utilizados por nenhum dos métodos avaliados. A listagem dos Requisitos

está apresentada no Quadro 12. A estrutura da Matriz de Requisitos pode ser visualizada no Quadro 13.

Quadro 12 - Listagem e detalhes dos Requisitos

Natureza do Requisito		Requisito	Detalhes do Requisito
Institucionais		Pessoal especializado	Demanda de conhecimentos na área de inundações e avaliação de prejuízos.
		Programas de capacitação	Treinamento nas especificidades da aplicação dos métodos.
		Sistema informatizado	É necessário o suporte de sistema de informática para aplicação do método.
Técnicos	Antrópicos	Categoria de ocupação <sup>1</sup>	Tipologia de ocupação: residencial, comercial, industrial, ensino, etc.
		Padrão construtivo <sup>1</sup>	Materiais utilizados na construção: alvenaria, madeira, qualidade dos materiais utilizados.
		Área construída <sup>1</sup>	Informação numérica da área total construída.
		Altura dos pavimentos <sup>1</sup>	Altura dos pavimentos da construção.
		Sistema viário <sup>1</sup>	Localização, materiais e dimensões de estradas, obras de arte, ferrovias, etc.
		Infraestrutura de assistência <sup>1</sup>	Localização e capacidade de hospitais, Corpo de Bombeiros, possíveis abrigos, etc.
		População afetada	Número de pessoas que reside, trabalha ou frequenta a área atingida.
	Financeiros	Valor do imóvel <sup>1</sup>	Valor de mercado do imóvel.
		Valor de reposição	Valor necessário para substituir itens danificados.
		Valor de reparo	Valor necessário para reparar itens danificados. É inferior ao valor de reposição.
		Valor de mercadorias	Valor das mercadorias expostas e estocadas. Utilizado para ocupação comercial.
		Valor de bens móveis	Valor dos bens móveis presentes nas construções.
		Prejuízo de eventos anteriores <sup>1</sup>	Valores estimados de prejuízos anteriores causados por inundações.
	Físicos	Curvas de nível <sup>1</sup>	Representação gráfica das altitudes. Considera o nível do solo.
		Modelo digital de elevação <sup>1</sup>	Matriz espacial da elevação de cada ponto. Considera a elevação acima do nível do solo.
		Hidrografia <sup>1</sup>	Cursos d'água, nascentes, lagos, etc.
		Pedologia <sup>1</sup>	Tipo de solo, influi nas propriedades de infiltração do solo.
		Intensidade de precipitação	Quantidade de precipitação num determinado tempo. Pode ser utilizada para calcular o nível da água.
Nível da água nos cursos <sup>1</sup>		Altura da lâmina d'água nos cursos hídricos. Define a profundidade de submersão.	

Fonte: a autora, 2015.

<sup>1</sup> Requisitos podem ser georreferenciados

Quadro 13 - Estrutura da Matriz de Requisitos

Natureza do Requisito	Requisitos	Formulário			Curvas de Prejuízo		Modelagem				
		AVADAN	FIDE	DALA	Curvas históricas	Curvas Sintéticas	ANU FLOOD	ESTDAM	FDA	HAZUS-MH	MDSF
Institucionais	Pessoal especializado										
	Programas de capacitação										
	Sistema informatizado										
Antrópicos	Categoria de ocupação <sup>1</sup>										
	Padrão construtivo <sup>1</sup>										
	Área construída <sup>1</sup>										
	Altura dos pavimentos <sup>1</sup>										
	Sistema viário <sup>1</sup>										
	Infraestrutura de assistência <sup>1</sup>										
	População afetada										
Técnicos	Valor do imóvel <sup>1</sup>										
	Valor de reposição										
	Valor de reparo										
	Valor de mercadorias										
	Valor de bens móveis										
	Prejuízo de eventos anteriores <sup>1</sup>										
Físicos	Curvas de nível <sup>1</sup>										
	Modelo digital de elevação <sup>1</sup>										
	Hidrografia <sup>1</sup>										
	Pedologia <sup>1</sup>										
	Intensidade de precipitação										
Nível da água nos cursos <sup>1</sup>											

**Legenda**

Formulários

Curvas de Prejuízo

Modelagem

Requisito não necessário

<sup>1</sup> Requisitos podem ser georreferenciados

Fonte: a autora, 2015.

Os requisitos listados basearam-se no estudo bibliográfico realizado, porém o estudo mais aprofundado da aplicação de um método pode revelar mais requisitos necessários. Com o nível de pesquisa realizado buscou-se a listagem dos itens essenciais para o sucesso da aplicação. Deve-se salientar ainda que os requisitos podem apresentar variações na facilidade de aquisição.

Para o preenchimento da matriz buscou-se a associação de cada método às suas necessidades específicas. Assim, as células de cruzamento foram preenchidas quando se verificou que o requisito é necessário para a utilização do método. Nessa análise foi considerada ainda a classificação realizada anteriormente, alinhando os métodos na matriz em suas respectivas categorias, agrupada das por cores. Os métodos do tipo Formulário foram apresentados na cor laranja, as do tipo Curvas De Prejuízo na cor verde e as do tipo Modelagem na cor azul. As cores foram definidas de forma aleatória para facilitar a divisão de categorias, não tendo relação com as características dos métodos.

#### **4.2.3 Análise da utilização de estimativas de prejuízo na gestão de inundações urbanas no Paraná**

Para a análise da utilização dos métodos diretos de avaliação de prejuízos no Paraná foram utilizados os conhecimentos obtidos com a pesquisa bibliográfica, a classificação dos métodos e os requisitos necessários para a aplicação de cada uma. Além disso, foram realizadas entrevistas com representantes da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Paraná (Capitão Eduardo Gomes Pinheiro, Seção Operacional) e do Instituto Águas Paraná (Paulo Franco, da Diretoria de Planejamento e Controle do Uso das Águas e Carlos Alberto Galerani, Diretoria Técnica e de Saneamento), buscando a compreensão da utilização das estimativas de prejuízo por esses órgãos.

As duas instituições apresentam participação na gestão de inundações do Estado. A Defesa Civil atua nas ações preventivas, de preparação e emergenciais, enquanto que o Instituto das Águas do Paraná é responsável pelo sistema de monitoramento de nível de cursos d'água e por ações estruturais de controle das inundações. Embora outras instituições também atuem na gestão de inundações no estado, as duas foram escolhidas por estarem envolvidas em todas as etapas do Gerenciamento de Riscos e Desastres.

As entrevistas foram do tipo não estruturado, por pautas. De acordo com Gil (2008), nesse tipo de entrevista pode-se explorar amplamente as questões desejadas, utilizando pontos de interesse para guiar a conversação. As entrevistas realizadas basearam-se em quatro pautas:

- a) A visão do órgão representado sobre a estimativa de prejuízos causados por inundações urbanas;
- b) A utilização das estimativas resultantes do FIDE para a gestão de inundações urbanas;
- c) Os problemas decorrentes da utilização de valores errôneos, subdimensionados ou superestimados;
- d) Os benefícios de valores mais precisos para a gestão de inundações.

Conhecendo-se os métodos utilizados no Paraná e suas limitações foram analisadas as formas de utilização dos resultados obtidos por esses métodos no Estado e quais dificuldades para a gestão são geradas com a baixa precisão desses resultados. Com base nos requisitos levantados na etapa anterior, se pode também verificar os desafios para a aplicação de métodos mais precisos, verificando-se quais requisitos poderiam ser atendidos de forma mais simples e quais demandariam maior tempo e pesquisas mais avançadas. Por fim, foram destacados os benefícios que se poderia obter com a superação dos desafios e a institucionalização da utilização desses métodos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dois primeiros objetivos específicos tiveram seu cumprimento na forma do referencial teórico elaborado para o trabalho, que contempla as causas e consequências das inundações, destacando a influência exercida pelo processo de urbanização e os danos causados por este tipo de evento, as formas de gestão das inundações urbanas adotadas no Brasil e no estado do Paraná, além de discutir a importância da avaliação dos prejuízos causados pelas inundações e apresentar métodos diretos que podem ser utilizadas para este fim.

O terceiro e quarto objetivos específicos são complementares, por tratarem da classificação e análise dos métodos estudados e os resultados referentes estão apresentados de forma conjunta na seção 5.1. Por fim, o quinto objetivo específico, referente à análise da gestão de inundações urbanas no Paraná, tem seu cumprimento apresentado na seção 5.2.

### 5.1 CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PREJUÍZOS CAUSADOS POR INUNDAÇÕES URBANAS

Os métodos estudados foram agrupados em três categorias: Formulário, Curva de Prejuízo e Modelagem. Dentre os métodos estudados três são baseadas no preenchimento de formulários: AVADAN, FIDE e DaLA. Os formulários são preenchidos pelos gestores municipais ou estaduais quando da ocorrência de um desastre e são posteriormente tabulados. O FIDE é o atual formulário padrão brasileiro, sendo preenchido e armazenado em plataforma online em tempo real.

Os métodos enquadrados na categoria formulário apresentam como pontos positivos a facilidade de aplicação, já que se baseiam em preenchimento dos dados coletados em um formato padrão pré-estabelecido. Por este motivo não requerem alto nível de especialização. Podem ser considerados métodos independentes, já que não requerem fontes de dados além dos relacionados ao próprio desastre.

Como pontos negativos, não apresentam tanta acurácia, a avaliação deve ser realizada para cada evento diferente e seus resultados não podem ser generalizados. Por isso, os resultados gerados podem ser utilizados como base para alocação de recursos logo após o desastre avaliado e para prevenção de eventos futuros, mas não para resposta no momento de uma inundação.

As curvas de prejuízo podem ser históricas ou sintéticas e em geral são baseadas na relação dos danos causados com o nível de submersão. Esse tipo de método exige estudos específicos, com base nos bancos de dados históricos ou aplicação de formulários, que devem ser feitos para cada tipologia construtiva.

Como pontos positivos, as curvas apresentam resultados precisos para a área e evento estudados e com a soma de estudos apresentam os resultados podem ser generalizadas para diferentes áreas e eventos. O principal benefício desse método é a possibilidade de geração de curvas médias, que podem ser aplicadas para grandes áreas, até mesmo a nível nacional, respeitando-se as diferenças nos padrões construtivos.

Os estudos, porém, são trabalhosos, requerendo pesquisadores especializados, e para obtenção de curvas médias são necessárias diversas curvas de prejuízo locais. A partir da obtenção das curvas médias esse método pode ser utilizado para prevenção de eventos futuros, e com certo nível de trabalho, para alocação de recursos logo após o desastre e para recuperação da área afetada.

Os métodos do tipo modelagem unem diferentes ferramentas, podendo automatizar a geração de resultados. Sua utilização depende dos dados físicos da região, das características de desastres anteriores (podem ser obtidos pelos formulários) e de equações de perdas (curvas de prejuízo). Assim, mais do que um método diferente, a modelagem se apresenta como uma evolução de outras tipologias. Dentre os métodos estudados, ANUFLOOD, ESTDAM, FDA, HAZUS-MH e MDSF se enquadram nesta categoria.

Como pontos positivos pode-se destacar a precisão dos resultados para cada evento modelado e a rapidez de aplicação. A utilização de ferramentas como modelagem hidrológica e geoprocessamento torna esta tipologia atraente para uso em tempo real.

Os pontos negativos referem-se principalmente ao grande volume de dados necessário e o alto nível de especialização requerido dos profissionais. Pela maior rapidez na geração dos resultados a modelagem pode ser utilizada para prevenção de eventos futuros, na resposta imediata ao evento, para alocação de recursos logo após o desastre e para recuperação da área afetada.

O Quadro 14 apresenta em síntese as características dos métodos analisados:

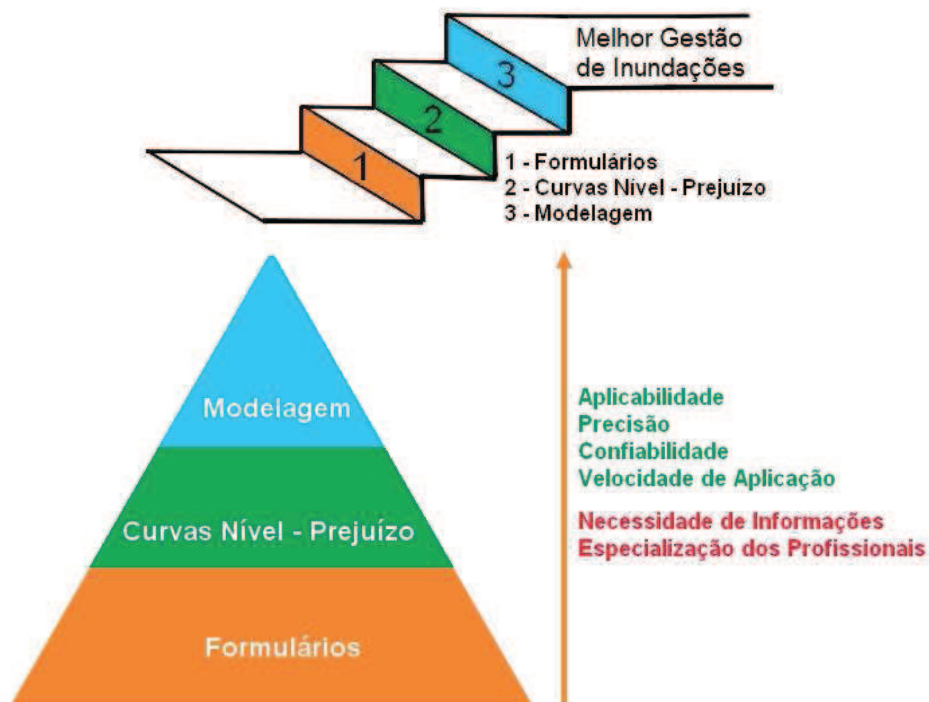
Quadro 14 - Classificação dos métodos de avaliação de prejuízos causados por inundações urbanas

<b>Categoria</b>	<b>Métodos</b>	<b>Pontos Positivos</b>	<b>Pontos Negativos</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Referências utilizadas</b>
<b>Formulários</b>	AVADAN FIDE DaLA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação mais simples</li> <li>• Métodos independentes</li> <li>• Requer menos especialização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação por evento</li> <li>• Resultados não podem ser generalizados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevenção</li> <li>• Recuperação</li> </ul>	MI; SEDEC, 2007b BRASIL, 2012a CEPAL, 2014
<b>Curvas de Prejuízo</b>	Curvas históricas Curvas Sintéticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boa precisão</li> <li>• Resultados genéricos</li> <li>• Podem ser geradas curvas médias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requer grande quantidade de dados</li> <li>• Processo trabalhoso</li> <li>• Requer profissionais especializados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevenção</li> <li>• Pós-desastre</li> <li>• Recuperação</li> </ul>	Dutta et al., 2003 Machado et al., 2005
<b>Modelagem</b>	ANUFLOOD FDA ESTDAM HAZUS-MH	<ul style="list-style-type: none"> <li>• União de ferramentas</li> <li>• Resultados precisos para cada evento</li> <li>• Pode ser aplicada de forma rápida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requer grande quantidade de dados</li> <li>• Requer profissionais especializados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevenção</li> <li>• Resposta</li> <li>• Pós-desastre</li> <li>• Recuperação</li> </ul>	Dutta et al., 2001 Dutta et al., 2003

Fonte: a autora, 2015.

As categorias são interdependentes, e a relação entre elas segue os padrões demonstrados na Figura 13.

Figura 13 - Relação entre as três categorias de métodos



Fonte: a autora, 2015.



A representação em degraus demonstra que atualmente a categoria Modelagem é a que permite a melhor gestão das inundações urbanas e a representação em pirâmide demonstra que, na base dos processos de estimativa de prejuízos estão os métodos da categoria Formulário, enquanto que os métodos da categoria Modelagem são menos utilizados, entretanto apresentam vantagens sobre os anteriores. Essas vantagens, porém, exigem maior nível de especialização dos profissionais e mais recursos técnicos.

Esses recursos podem ser visualizados na Matriz de Requisitos (Quadro 15). A Matriz apresenta as necessidades de cada método, com as categorias divididas por cores. As áreas preenchidas demonstram que o método necessita do requisito e considera a variável correspondente no cálculo do prejuízo. As células não preenchidas, ao contrário, demonstram que o método não necessita do requisito ou não considera a variável para realizar as estimativas.

Os métodos da mesma categoria apresentaram padrão de preenchimento semelhante, consolidando a classificação realizada. Quanto maior o número de células preenchidas, maior a dificuldade de implementação do método, mas em contrapartida os resultados tendem a ser mais precisos. Assim, a Matriz confirma a análise realizada anteriormente, demonstrando que os métodos da categoria Modelagem apresentam maior dificuldade de aplicação, mas retornam melhores resultados.

Quadro 15 - Matriz de Requisitos

Natureza do Requisito	Requisitos	Formulário			Curvas de Prejuízo		Modelagem					
		AVADAN	FIDE	DALA	Curvas históricas	Curvas Sintéticas	ANU FLOOD	ESTDAM	FDA	HAZUS-MH	MDSF	
Institucionais	Pessoal especializado											
	Programas de capacitação											
	Sistema informatizado											
Antrópicos	Categoria de ocupação											
	Padrão construtivo											
	Área construída											
	Altura dos pavimentos											
	Sistema viário <sup>1</sup>											
	Infraestrutura de assistência <sup>1</sup>											
	População afetada											
Técnicos	Valor do imóvel <sup>1</sup>											
	Valor de reposição											
	Valor de reparo											
	Valor de mercadorias											
	Valor de bens móveis											
	Prejuízo de eventos anteriores											
Físicos	Curvas de nível <sup>1</sup>											
	Modelo digital de elevação <sup>1</sup>											
	Hidrografia <sup>1</sup>											
	Pedologia <sup>1</sup>											
	Intensidade de precipitação											
Nível da água nos cursos <sup>1</sup>												

**Legenda**

Formulários

Curvas de Prejuízo

Modelagem

Requisito não necessário

<sup>1</sup> Requisitos podem ser georreferenciados

Fonte: a autora, 2015.

Salienta-se que os requisitos são os *inputs* dos métodos e não devem ser confundidos com os *outputs* dos métodos. Por exemplo, o método AVADAN apresenta como resultado os prejuízos causados às estradas. Porém, por se tratar de um formulário de preenchimento subjetivo esse método não necessita do Sistema Viário como requisito técnico. Outro exemplo são as curvas de prejuízo, que embora considerem o prejuízo relacionado ao nível de submersão não necessitam do requisito técnico 'nível da água nos cursos' para serem elaboradas. Porém, na aplicação das curvas para obtenção do prejuízo, esse requisito é necessário.

## 5.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PREJUÍZOS E A GESTÃO DE INUNDAÇÕES NO PARANÁ

No Estado do Paraná, desde 2012, o método oficialmente adotado para a estimativa de prejuízos causados por desastres naturais, inclusive as inundações urbanas, é o FIDE, pertencente à categoria Formulário. Anteriormente era utilizado o método AVADAN, da mesma categoria. Tem-se assim que a gestão de inundações urbanas em todo o estado é pautada na categoria menos eficiente dentre as três consideradas neste estudo. A utilização destes métodos implica na baixa precisão de todo o banco de dados gerado pelo estado até hoje.

Outro problema a ser considerado é a definição dos estados de emergência e calamidade pública e a solicitação de recursos para níveis federativos mais elevados. Esses itens são definidos com base no montante de prejuízo causado pelo desastre. Valores subestimados fazem com que o município não receba o auxílio necessário enquanto que valores superestimados podem realocar recursos que seriam mais necessários em outros locais. Pelas suas características de não consideração dos danos indiretos, em geral pode-se afirmar que o AVADAN e o FIDE apresentam resultados subestimados. Além disso, esses métodos realizam a avaliação imediatamente após o desastre, não sendo possível avaliar de forma correta a condição pré-existente.

Estudos demonstraram que o DaLA, ainda que pertencente a mesma categoria, por considerar maior número de variáveis e também prejuízos indiretos apresentou um prejuízo 137% superior ao estimado pelo AVADAN para um evento ocorrido no litoral do Estado. Deve-se considerar também a experiência e conhecimentos dos analistas que preencheram os formulários, por se tratarem de

dois métodos subjetivos. Mesmo sem estudos comparativos entre os resultados do AVADAN ou FIDE com os métodos das categorias Curvas de Prejuízo e Modelagem, pode-se afirmar que estas também apresentariam valores superiores, por considerarem maior número de variáveis. Outra fragilidade do FIDE é a falta de treinamento e capacitação. Os dados coletados são de responsabilidade dos municípios atingidos, mas sem a capacitação necessária existe o comprometimento, ainda maior, dos resultados obtidos. Por se tratar de método subjetivo, os resultados do FIDE são condicionados à experiência e formação do analista que o preenche.

Com a entrevista realizada na Coordenadoria Estadual de Defesa Civil, pôde-se constatar que as deficiências do AVADAN e do FIDE são reconhecidas pelo órgão. Ainda assim, pode-se considerar que o AVADAN se mostrava um instrumento superior ao FIDE, por considerar maior número de variáveis e existirem programas de capacitação para seu preenchimento. Nesse sentido, o FIDE seria reflexo de tentativas de simplificar um processo complexo, visando o preenchimento simples do formulário para se obter os recursos necessários o mais rápido possível, sem considerar a necessidade de se apurar a realidade para arquivamento dos dados e construção de séries históricas.

Assim, atualmente o FIDE é utilizado somente para o pedido de recursos emergenciais, mas não para planejamento de ações ou definição de investimentos. Isso porque as fragilidades do sistema são conhecidas e utilizar as informações errôneas no planejamento poderia potencializar o problema em cadeia. Com as entrevistas realizadas no Instituto das Águas, pôde-se verificar que, embora esse órgão atue na gestão de inundações, os resultados e prejuízos de inundações não são utilizados para nortear o planejamento de ações ou justificar investimentos na área (Quadro 16).

Considera-se que para a evolução da gestão das inundações urbanas é necessário passar da utilização das categorias menos precisas para as categorias mais precisas. Porém, as categorias superiores em precisão demandam maior quantidade de dados e de especialização dos profissionais, caracterizando grandes desafios para aplicação em larga escala.

Quadro 16 - Entrevistas: Pautas 1 a 3

Pautas da entrevista	Coordenadoria Estadual de Defesa Civil	Instituto das Águas do Paraná
A visão do órgão representado sobre a estimativa de prejuízos causados por inundações urbanas;	A Defesa Civil compreende a necessidade da avaliação dos prejuízos para o planejamento de ações e definição de investimentos.	O Instituto das Águas do Paraná não utiliza as informações de avaliação de prejuízos. Isso se deve ao fato de que a ligação mais estreita com a Defesa Civil, por meio do Conselho de Proteção e Defesa Civil, ainda é recente.
A utilização das estimativas resultantes do FIDE para a gestão de inundações urbanas;	Atualmente o FIDE é utilizado apenas para os pedidos de recursos emergenciais. Como as limitações do sistema são conhecidas, os valores não são utilizados para planejamento de ações ou definição de investimentos.	
Os problemas decorrentes da utilização de valores errôneos, subdimensionados ou superestimados;	O problema dos valores subdimensionados é justamente a dificuldade de se planejar com base nesses valores.	

Fonte: Adaptado de Pinheiro, 2015; Franco, 2015; Galerani, 2015.

Para iniciar este processo, seria necessária a construção de curvas DPS, que por sua vez seriam utilizadas na calibração dos modelos. As curvas podem ser sintéticas ou históricas, e as duas formas apresentam desafios para sua aplicação. As curvas sintéticas demandam a aplicação de um grande número de questionários para estimar os prejuízos de determinados níveis de inundação. Já as curvas históricas dependem de resultados anteriores de prejuízo, que atualmente só podem ser obtidos por meio dos métodos da categoria Formulário.

Como detalhado anteriormente, no Paraná já foram utilizados os métodos AVADAN e FIDE e, para um evento único, o método DaLA. Este último apresentou diferença significativa de valores em relação ao método AVADAN. Deste modo, as curvas históricas construídas com base em Formulários DaLA seriam superiores em precisão em relação a curvas construídas com base no AVADAN ou no FIDE.

Com isso tem-se o primeiro desafio em relação à melhoria da estimativa dos prejuízos causados por inundações urbanas no estado. Utilizando os resultados disponíveis nos bancos de dados oficiais, as curvas históricas apresentariam os mesmos problemas de precisão que os formulários utilizados. Percebe-se assim que a interligação entre os métodos não pode ser ignorada e que as imprecisões nos valores básicos seriam levadas até o topo da cadeia de métodos. Assim, para a

construção de curvas históricas, o primeiro passo não seria imediatamente criar as curvas e sim buscar a melhoria gradual do banco de dados de valores de desastre disponíveis, por meio de outros tipos de formulário, como por exemplo, o DaLA. Uma alternativa seria a construção de curvas de prejuízo sintéticas, que utilizam dados estimados.

Para a obtenção das curvas, tanto históricas quanto sintéticas, são necessários os dados relativos ao padrão construtivo e conteúdo dos imóveis. Não foram encontrados estudos que apresentem esses dados no Estado do Paraná e, assim, seria necessária a realização de pesquisas intensas e localizadas, visando produzir curvas que representem a realidade local. Também pode-se criar um método capaz de construir as curvas com base nos dados fornecidos pelos levantamentos censitários do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Após várias pesquisas locais podem ser produzidas curvas médias para o Estado. Essas pesquisas podem ser realizadas de forma independente ou institucional, sendo mais adequado que estejam interconectadas para garantir a similitude dos métodos aplicados.

A partir das curvas médias pode-se passar à categoria de modelagem. Os diferentes métodos apresentados demandam dados em formas distintas, porém necessitam de informações semelhantes. Como se verificou na Matriz de Requisitos, essa é a categoria que exige maior volume de dados e sua implementação se apresenta como um grande desafio. A escolha de um dos métodos dessa categoria depende não somente da consideração dessas dificuldades, mas também das possibilidades de adaptação para a realidade do estado e facilidade de inclusão futura de outras variáveis no modelo, utilizando dados inicialmente não contemplados e buscando sempre o aumento da precisão e funcionalidade.

Os benefícios obtidos com a aplicação de métodos mais precisos que os utilizados atualmente seriam relacionadas à formação de banco de dados e gestão das inundações urbanas. O banco de dados formado e organizado para a utilização do modelo pode ser também utilizado para outros fins, dando suporte a pesquisas em diferentes áreas. Além das informações de entrada, as informações de saída dos modelos, com valores de desastres mais precisos, permitiriam a melhoria do resultado de pesquisas que dele se utilizassem, como, por exemplo, as que buscam traçar comparativos entre redução de custos a partir de instrumentos de prevenção ou mitigação de inundações.

Quanto à gestão das inundações, teria-se um cenário mais realista em relação à decretação de estado de emergência ou calamidade pública e alocação de recursos. O entendimento do real custo das inundações e as possibilidades de simulação de diferentes situações, contando ou não com medidas de prevenção ou contenção, pode levar os gestores urbanos a considerar de forma mais efetiva a tomada dessas ações. As entrevistas realizadas demonstraram as possibilidades de utilização dos valores obtidos pelos órgãos consultados, como demonstrado no Quadro 17.

Quadro 17 - Entrevistas: Pauta 4

Pauta da entrevista	Coordenadoria Estadual de Defesa Civil	Instituto das Águas do Paraná
Os benefícios de valores mais precisos para a gestão de inundações.	Com valores mais precisos o planejamento seria pautado na realidade, podendo ser mais efetivo.	O conhecimento dos valores de gastos públicos e particulares reforçaria a justificativa de investimentos em manutenção e melhoria do sistema de monitoramento do nível dos cursos d'água. Além disso, aumentaria a importância dada à drenagem urbana e às ações de controle de inundações.

Fonte: Adaptado de Pinheiro, 2015; Franco, 2015; Galerani, 2015.

Os gestores e as demais instituições envolvidas poderiam se utilizar dos valores mais precisos para realizar um planejamento pautado na realidade, que promova ações que efetivamente reduzam os prejuízos causados pelas inundações. O conhecimento dos reais valores de gastos públicos e perdas particulares causados pelas inundações urbanas, justificaria investimentos em sistemas de prevenção e ações de controle de inundações. A Defesa Civil poderia também utilizar os sistemas de modelagem para simular situações emergenciais ou utilizar os sistemas em tempo real no atendimento dos eventos.

Por fim, pode-se afirmar que embora a estrutura paranaense apresente uma série de desafios para implantação de novos sistemas de avaliação de prejuízos, esse desenvolvimento pode render uma série de benefícios. Com o avanço e difusão de novas tecnologias pode-se pensar em ambientes interinstitucionais informatizados, transmissão de dados em tempo real e utilização de SIGs desde o princípio do desenvolvimento. A academia pode contribuir fortemente neste processo, se envolvendo na produção de dados técnicos, elaboração de curvas de prejuízo e pesquisa de adaptação de modelos. Assim, instituições públicas, privadas

e acadêmicas podem participar do processo de melhoria dos atuais sistemas de avaliação de prejuízos causados por inundações urbanas, buscando a redução destes prejuízos e a proteção da população.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As inundações figuram como a tipologia de desastres mais recorrente no Brasil, e uma das que causam maiores perdas financeiras. Por se tratar de um desastre produzido por fenômeno natural, não é possível eliminar as inundações urbanas, mas pode-se evitar ou minimizar as consequências adversas de sua ocorrência.

A vulnerabilidade das cidades às inundações faz com que esse desastre deva ser considerado na gestão das cidades, buscando a melhoria no gerenciamento e redução nos danos causados. Os recursos para este gerenciamento são em geral limitados e são empregados principalmente visando responder ao desastre após sua ocorrência, sem a ênfase necessária aos mecanismos de prevenção. O conhecimento das consequências econômicas das inundações urbanas é um dos passos para modificação desse quadro, servindo como apoio a tomada de decisão e melhorando a alocação de recursos na prevenção e reconstrução pós-desastre.

O estudo dos métodos de avaliação de prejuízos causados por inundações urbanas mostrou três categorias distintas, de acordo com suas características, necessidades para aplicação, precisão dos resultados e níveis de aplicação. No Brasil, instrumentos pertencentes à categoria 'Formulários' vêm sendo utilizados para gerenciamento das inundações urbanas, porém esta categoria se mostra menos precisa que as demais. Pela análise da gestão de inundações urbanas no Paraná, pode-se verificar que a utilização dos métodos dessa categoria prejudica a gestão e orientação de ações, já que não há dados confiáveis de prejuízo nos quais pautar o planejamento.

A análise dos métodos por meio da Matriz de Requisitos confirmou que os instrumentos hoje utilizados no Brasil são subjetivos, e não demandam requisitos técnicos. Já os métodos da categoria Curvas de Prejuízo e Modelagem, por considerarem maior número de variáveis, apresentam-se como métodos mais precisos, e seu estudo é necessário para a evolução da avaliação de prejuízos no país. Essa evolução passa por uma série de desafios, especialmente os relacionados à obtenção dos requisitos necessários e à estruturação do método a ser aplicado.

Os desafios, porém, podem ser vistos como oportunidades de melhorias, podendo-se utilizar a estrutura informatizada já existente no país, estruturar os

novos bancos de dados com o recurso de georreferenciamento e desenvolver as curvas de prejuízo visando à etapa de modelagem, aproveitando a experiência de outros países neste processo. Os benefícios da utilização dos métodos dessas categorias referem-se à melhoria na gestão das inundações, que teria um instrumento mais seguro de avaliação, e à formação de banco de dados históricos, que pode ser utilizado para pesquisa e análises comparativas.

Recomenda-se, para trabalhos futuros, o estudo aprofundado das possibilidades de desenvolvimento de curvas de prejuízo padronizadas e estudos de aprofundamento nos métodos de modelagem apresentados. Pela avaliação realizada, os métodos de modelagem considerados de maior interesse para o Brasil foram o Hazus-MH, que já possui experiências de adaptação de uso, e o MDSF, que é um modelo bastante flexível. Os dois modelos trabalham com dados georreferenciados, sendo interessantes para aplicação futura no Brasil.

Estes modelos podem ser adaptados para a realidade local, levando em consideração fatores que não foram encontrados em nenhum dos modelos estudados neste trabalho, como a caracterização da população afetada, participação popular, a postura da população diante dos eventos e a resiliência local. Embora sejam de difícil medição, esses fatores permitiriam a inclusão das variáveis sociais no modelo. Também seria possível considerar a possibilidade de adaptação de um modelo com acréscimos de análises vindas de outro modelo, criando um método híbrido de avaliação.

Com a conclusão da pesquisa pode-se verificar que a relação entre as categorias de métodos não pode ser ignorada e que o caminho para melhoria da gestão de inundações urbanas passa pelo desenvolvimento de curvas de prejuízos com a posterior utilização de métodos de modelagem, adaptados a realidade nacional.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, Douglas Noel. **O guia do Mochileiro das Galáxias**. 1. ed. São Paulo: Sextante, 2004. 192 p.

BARBOSA, F. A. R. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB**. 2006. 116 f. Dissertação de Mestrado (Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

BARCELLOS, D. F. **Proposição de Métodos de Valoração para Avaliação de Impactos Socioambientais de Desastres Naturais: o caso das inundações na região serrana do Estado do Rio de Janeiro em 2011**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Econômicas) - Universidade de Brasília, 2013.

BERTOLINO, A. **Medidas de baixo impacto para o controle das inundações e alagamentos em bacias hidrográficas urbanas aplicadas na Bacia Hidrográfica do Rio Belém, Curitiba, Paraná**. 2013. 124 f. Dissertação de Mestrado (Gestão Urbana) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2013.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2007. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em abr. 2015.

BRASIL. Lei Federal nº 12.340, de 01 de dezembro de 2010. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12340.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12340.htm)>. Acesso em: out. 2015.

BRASIL. Lei nº 12,608, de 10 de abril de 2012. **Diário Oficial**, Brasília, 2012b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm)>. Acesso em: mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Instrução Normativa nº 001, de 24 de agosto de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 169, p. 30, 2012a. Disponível em: <[http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=21ba1a8a-8616-4b89-b159-c329093c3ac6&groupId=185960](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=21ba1a8a-8616-4b89-b159-c329093c3ac6&groupId=185960)>. Acesso em: ago. 2014.

CÂMARA, G. Representação computacional de dados geográficos. In: CASANOVA, M. et al. **Banco de Dados Geográficos**. Curitiba: Editora Mundo Geo, 2005.

CANÇADO, V. L. **Consequências econômicas das inundações e vulnerabilidade: desenvolvimento de metodologia para avaliação do impacto nos domicílios e na cidade**. 2009. 394 f. Tese de Doutorado (Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CASTRO, A. L. C. de; **Glossário de Defesa Civil Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. 5ª Ed. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília, 2009, 191 p. Disponível em <[http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=71458606-5f48-462e-8f03-4f61de3cd55f&groupId=10157](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=71458606-5f48-462e-8f03-4f61de3cd55f&groupId=10157)>. Acesso em mar. 2015.

CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em defesa civil**: Volume 1. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Departamento de Defesa Civil, 1999. 133 p.

CEPAL. **Manual para la evaluación de desastres**. Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (El Banco Mundial). Santiago de Chile, 2014.

CGU – CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO. Valores repassados Programa 1027 e Programa 1029. **Database**. Portal da Transparência, 2015.

CITY OF SEATTLE. **Seattle's Natural Drainage Systems**. Seattle, 2007. Disponível em <[http://www.seattle.gov/util/groups/public/@spu/@usm/documents/webcontent/spu02\\_019984.pdf](http://www.seattle.gov/util/groups/public/@spu/@usm/documents/webcontent/spu02_019984.pdf)>. Acesso em jul. 2015.

CLARO, A. **Drenagem**. Curso de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. 2007. Disponível em: <[http://www.arq.ufsc.br/labcon/arq5661/trabalhos\\_2007-1/drenagem/index.htm](http://www.arq.ufsc.br/labcon/arq5661/trabalhos_2007-1/drenagem/index.htm)>. Acesso em jul. 2015.

COCHRANE, H. Economic Loss: myth and measurement. **Disaster Prevention and Management**. v. 13, n. 4, p. 290-296. 2004.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS. **Proposta de diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à avaliação e gestão das inundações**. Bruxelas, 2006, 20 p.

CORSI, A. C.; AZEVEDO, P. B. M. de; GRAMANI, M. F. Valoração de Danos decorrente da Inundação em São Luiz do Paraitinga. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, São Paulo, v. 1, n. 2, jul./dez. 2012.

CÔRTEZ, J. **Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas**. 2009. 339 f. Tese de Doutorado (Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

COSTA, H.; TEUBER, W. **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro: uma abordagem geral**. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001. 160p.

COUTINHO, N. C. de A. **Desastres, Cidadania e o Papel do Estado: As Relações entre os Direitos Fundamentais e a Proteção contra Desastres “Naturais” Hidrológicos**. 2014. 281 f. Tese de Doutorado (Direito Político e Econômico) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2014.

CULTURA MIX. **Parque São Lourenço**. 2012. Disponível em: <<http://turismo.culturamix.com/ecoturismo/natureza/parque-sao-lourenco>>. Acesso em: nov. 2015.

DEFRA - DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD AND RURAL AFFAIRS. **Flood and Coastal Erosion Risk Management**. Research News, v. 4, 2003.

DEFRA - DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD AND RURAL AFFAIRS. **Modelling and Decision Support Framework (MDSF): History & Overview**. 2004.

DEGARDIN, F.; GAIDE, P. A. Valorizer les Zones Inondables dans l'Aménagement Urbain Repères pour une Nouvelle Démarche. In : **Dossier Eau et Aménagement**. Collection Dossiers. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Centre d'Études sur le Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les Constructions Publiques. Paris, 1999, 231p.

DELLARETTI FILHO, Osmario. **As sete ferramentas do planejamento da qualidade**. 1 ed. Belo Horizonte : UFMG, 1996.

DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES AND MINES. **Guidance on the assessment of tangible flood damages**. Queensland Government Bulletin. Governo do Estado de Queensland, Austrália, 21p. 2002.

DUTTA, D. et al. A mathematical model for flood loss estimation. **Journal of Hydrology**, vol. 277, p. 24-49, 2003.

DUTTA, D. et al. Direct flood damage modeling towards urban flood risk management. **Workshop on Urban Safety Engineering**. Tailândia: 2001.

ENOMOTO, C.F. **Método para elaboração de mapas de inundação**: estudo de caso na bacia do Rio Palmital, Paraná. 2004. Dissertação de Mestrado (Recursos Hídricos e Ambientais) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

FEMA – FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. **The Federal Emergency Management Agency's (FEMA's) Methodology for Estimating Potential Losses from Disasters**. 2014. Disponível em: <<http://www.fema.gov/hazus>>. Acesso em: ago. 2014.

FENDRICH, R. Economia de água potável pelo uso de sistema de coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais. **Engenharia e Construção**, p. 67-72, abr. 2004.

FERNANDES, Luciano. Gestão do Conhecimento pela Matriz de Competência. IN: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., 2011, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Abepro, 2011.

FRANCO, P. **Entrevista II de 01 de dezembro de 2015**. Entrevistador: Stéphanie Louise Inácio Castro. Curitiba, 2015.

FREITAS, C. O. de A. **Estudo de Vazões da Bacia Hidrográfica do Rio Belém**. Instituto de Saneamento Ambiental, v. 1. Curitiba, 1998. 124 p.

G1 PARANÁ. Curitiba faz 321 anos: imagens aéreas mostram cartões-postais da cidade. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pr/parana/fotos/2014/03/curitiba-faz-321-anos-imagens-aereas-mostram-cartoes-postais-da-cidade.html#F1158597>>. Acesso em: nov. 2015.

GALERANI, C. A. **Entrevista III de 01 de dezembro de 2015**. Entrevistador: Stéphanie Louise Inácio Castro. Curitiba, 2015.

GARCIAS, C. M. et al. A questão das águas urbanas e a Agenda 21 Local. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v.6 n. 3, p. 531-546, set./dez. 2010.

GENTA, J. L.; TEIXEIRA, L. Peru. In: TUCCI, C. E.M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003, 471p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRACIOSA, M. C. P. **Modelo de seguro para riscos hidrológicos com base em simulação hidráulico-hidrológica como ferramenta de gestão do risco de inundações**. 2010. 162 f. Tese de Doutorado (Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

GREEN, C. The Evaluation of Vulnerability to Flooding. **Disaster Prevention and Management**. v. 13, n. 4, p. 323-329. 2004.

GREEN, C.H. et al. **Assessment of Flood Control and Management Options**. Thematic Review 4. Cape Town: World Commission on Dams, nov. 2000, 183 p. Disponível em: <[http://www.dams.org/docs/kbase/thematic/drafts/tr44\\_finaldraft.pdf](http://www.dams.org/docs/kbase/thematic/drafts/tr44_finaldraft.pdf)>. Acesso em: mar. 2015.

HUBERT, G.; LEDOUX, B., **Le coût du risque**: l'évaluation des impacts socio-économiques des inondation. Paris: Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1999. 232 p.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Changes**: The Physical Science Basis. Summary of Policymakers. 2007. Disponível em: <[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)>. Acesso em: mai. 2015.

KARAMAHMUT, U. **Risk Assessment for Floods Due to Precipitation Exceeding Drainage Capacity**. 2006. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil e Geociências) – Delft University of Technology, Holanda, 2006. Disponível em: <[http://www.citg.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/CiTG/Over\\_de\\_faculteit/Afdelingen/Afdeling\\_watermanagement/Secties/waterhuishouding/Leerstoelen/Waterbeheer/onderzoek/Projects/Msc\\_Research/Completed/500\\_2005-2009/doc/Thesis\\_Report\\_Karamahmut.pdf](http://www.citg.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/CiTG/Over_de_faculteit/Afdelingen/Afdeling_watermanagement/Secties/waterhuishouding/Leerstoelen/Waterbeheer/onderzoek/Projects/Msc_Research/Completed/500_2005-2009/doc/Thesis_Report_Karamahmut.pdf)>. Acesso em: out. 2015.

KAVECKIS, G. **Potential Contribution of Hazus-MH to Flood Risk Assessment in the Context of the European Flood Directive**. 2011. 143 f. Dissertação de Mestrado - Carinthia University of Applied Sciences. Villach, 2011.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais**: conceitos básicos. 1 ed. Curitiba: Organic Trading, 2006, 109 p.

KOBIYAMA, M. et. al. Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis:GEDN, 2004. p. 834-846.

KÖNIG, A. et al. **Damage Assessment for Urban Flooding**. Global Solution for Urban Drainage, 2002.

LIMA, J. C. **Avaliação dos Riscos e Danos de Inundação e do Impacto da Adoção de Medidas Não-Estruturais em Itajubá/MG**. 2003. Dissertação de Mestrado (Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2003

LIMA-QUEIROZ, J. C et al. Avaliação do risco de inundação em Itajubá através do Método – Inondabilité. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2003, Curitiba. **Anais...**Curitiba, 2003.

MACHADO, M. L. **Curvas de Danos de Inundação Versus Profundidade de Submersão**: Desenvolvimento de Metodologia – Estudo de Caso Bacia do Rio Sapucaí, Itajubá - MG. 2005. Tese de Doutorado (Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

MACHADO, M. L. et al. Curvas de danos de inundação versus profundidade de submersão: desenvolvimento de uma metodologia. **Revista REGA**, v.2, n.1, p. 35-52, jan./jun, 2005.

MI – MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL; SEDEC – SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL. **Política Nacional de Defesa Civil**. Brasília, 2007a. Disponível em: <[http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=6aa2e891-98f6-48a6-8f47-147552c57f94&groupId=10157](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=6aa2e891-98f6-48a6-8f47-147552c57f94&groupId=10157)>. Acesso em: ago. 2014.

MI – MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL; SEDEC – SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL. **Manual para a decretação de Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública**. Brasília, v. 2, 2007b. Disponível em: <[http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=803eb555-7e63-41ce-9777-22f1d7953d11&groupId=10157](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=803eb555-7e63-41ce-9777-22f1d7953d11&groupId=10157)>. Acesso em: fev. 2015.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 352p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **The Impacts of Natural Disasters: A Framework for Loss Estimation**. Committee on Assessing the Costs of Natural Disasters. Washington, D.C: NATIONAL ACADEMY PRESS, 1999. 80 p.

NETO, S. L. R. **Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para gestão de desastres por inundações**. 2000. 231 f. Tese de Doutorado (Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

OFDA/CRED – The Office of US Foreign Disaster Assistance / Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. **Database**. Université Catholique de Louvain, Bruxelas, Bélgica, 2015. Disponível em: <<http://www.emdat.be/database>>. Acesso em jan. 2015.

PARKER, D. J. et al. **Urban Flood Protection Benefits: a Project Appraisal Guide**. Inglaterra: Gower Technical Press Ltda, 1987.

PARKINSON, J. Os Fatores Sócio-econômicos que Afetam as Estratégias Para Controle de Enchentes Urbanas. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste, 3, 2004, Goiânia. **Anais...**Goiânia, 2004.

PARQUES E PRAÇAS DE CURITIBA. Passeio Público. 2015. Disponível em: <<http://www.parquesepracasdecuitiba.com.br/parques/passeio-publico.html>>. Acesso em: nov. 2015.

PENNING-ROWSELL, E. C. et al. Comparative Aspects of Computerized Floodplain Data Management. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v.113, n. 6, 1987.

PENNING-ROWSELL, E. C.; CHATTERTON, J. B. **The Benefits of Flood Alleviation: a Manual of Assessment Techniques**. Aldershot: Gower-Technical, 1977, 297 p.

PINHEIRO, A. Enchente e Inundação. In: SANTOS, R. F. dos (org.) **Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007. 192p.

PINHEIRO, E. G. **Entrevista I de 18 de novembro de 2015**. Entrevistador: Stéphanie Louise Inácio Castro. Curitiba, 2015.

PINHEIRO, E. G.; GARCIAS, C. M. Desastres: percepção comparativa do impacto econômico e financeiro sobre o Estado do Paraná em 2012. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, v. 35, n.126, p. 207-222, jan./jun. 2014.

PLATE, E. J. Flood risk and flood management. **Journal of Hydrology**. vol. 267, p. 2-11, 2002.

RIBAS, E. B. T. **Comparação dos métodos AVADAN e DaLA na valoração econômica do desastre no litoral paranaense**. 2013. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2014.

RIGHETTO, J. M. **Modelo de seguro para riscos hidrológicos no contexto de manejo integrado de bacias hidrográficas**, 2005. 91 f. Dissertação de Mestrado (Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

SALGADO, J. C. M. **Avaliação Econômica de Projetos de Drenagem e de Controle de Inundações em Bacias Urbanas**. 1995. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.

SANTOS, D. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, out/dez 2002.

SARAGIOTO, A. Z. **Saiba o que fazer em caso de emergência por causa da chuva em Curitiba**. 2014. Disponível em: <<http://amigosdoparquebarigui.blogspot.com.br/2014/06/saiba-o-que-fazer-em-caso-de-emergencia.html>>. Acesso em: nov. 2015.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 ed. Florianópolis: UFSC, 2005. 139 p.

SOUZA, C. M. N. **Carência ou Precariedade dos Serviços de Drenagem Urbana e Ocorrência de Doenças de Importância para a Saúde Pública – Contribuição**



ao Estabelecimento de Modelo Causal. Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

SUDERHSA - SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Plano diretor de drenagem urbana para a bacia do rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba - relatório final.** Curitiba: CH2MHILL, 2002.

TACHINI, M. **Avaliação de danos associados às inundações no município de Blumenau.** 2010. 167 f. Tese de Doutorado (Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

TCU – TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Relatório do Processo 000.741/2011-6.** 2011. Disponível em: < <https://contas.tcu.gov.br/etcu/AcompanharProcesso?p1=000741&p2=2011&p3=6>>. Acesso em: nov. 2015.

TIMBÓ, M. A. **Elementos de Cartografia.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. 57p.

TORTEROTOT, J. **Le Coût des Dommages Dûs aux Inondations: estimations et analyses des incertitudes.** 1993. 283 p. Tese de Doutorado (Ciências e Técnicas do Meio ambiente) - École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 1993.

TREBY, E. J.; CLARK, M. J.; PRIEST, S. J. Confronting flood risk: implications for insurance and risk transfer. **Journal of Environmental Management**, v. 81, p. 351-359, 2007.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 669p.

\_\_\_\_\_. Aspectos Institucionais no Controle de Inundações. In: I SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, I. **Anais...**Brasília, 1999.

\_\_\_\_\_. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **Revista de Gestão de Água – REGA**, v. 1, n. 1, p. 59-73, jan./jun. 2004.

\_\_\_\_\_. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas.** Porto Alegre. 2005.

\_\_\_\_\_. **Hidrologia, Ciência e Aplicação.** 4 ed. Porto Alegre: ABRH, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. 943 p.

UNISDR. **Terminología sobre reducción del riesgo de desastres.** Ginebra, 2009. Disponível em: <[http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf)>. Acesso em: abr. 2015.

USACE – US ARMY CORP OF ENGINEERS. **HEC-FDA Flood Damage Reduction Analysis.** United States Army Corps of Engineers, Estados Unidos, 1998.

USACE – US ARMY CORPS OF ENGINEERS. **Basin-Level Digital Elevation Models Availability and Applications** – The Red River of the North basin study

Case Study. IWR Report 04-R-1. 2004. Disponível em <[www.usace.army.mil](http://www.usace.army.mil)>. Acesso em: nov. 2014.

VIANA, Aline Silveira. **Idoso, família e desastres**: uma discussão na interface da sociologia e gerontologia a partir da análise do caso de Teresópolis/RJ. 2015. Dissertação de Mestrado (Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

VISSMAN JÚNIOR, W.; LEWIS, G. L. **Introduction to hydrology**. 5.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 612p.

WORLD BANK. **Damage and Loss Assessment (DaLA) Methodology**. 2010. Disponível em: <<http://go.worldbank.org/KWCRRCKA20>>. Acesso em: fev. 2015.