

LUCIANO LOURENÇO
(COORDS.)

IMPRESA DA
UNIVERSIDADE
DE COIMBRA
COIMBRA
UNIVERSITY
PRESS

GEOGRAFIA, CULTURA E RISCOS

LIVRO DE HOMENAGEM AO
PROF. DOUTOR ANTÓNIO PEDROSA



**OS RISCOS DE INUNDAÇÃO URBANA:
UMA PROPOSTA DE GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS
NOS AGLOMERADOS URBANOS**

**THE RISKS OF URBAN FLOODING:
A PROPOSAL FOR RAINWATER MANAGEMENT
IN URBAN CONGLOMERATES**

† Antônio de Sousa Pedrosa

Universidade Federal de Uberlândia - UFU, CEGOT

Carlos Felipe Nardin Rezende de Abreu

Universidade Federal de Uberlândia - UFU

carlosfelipe.nardin@gmail.com

Jean Roger Bombonato Danelon

Universidade Federal de Uberlândia - UFU

jean.geoufu@yahoo.com.br

Sumário: O fato de ter ocorrido um elevado número de inundações urbanas em dezembro de 2011 a Janeiro de 2012 no estado de Minas Gerais e, o fato de serem recorrentes, não apenas neste estado, mas em muitas cidades brasileiras, tendo como consequências elevados prejuízos materiais nos edifícios e infraestruturas rodoviárias, redes de saneamento e abastecimento de água e, ainda, podendo ocorrer mortes de pessoas, tentamos analisar quais os fatores que contribuem para este risco, que para além da concentração da precipitação se relaciona com questões de ordenamento do território. A proposta de um Plano Diretor de Drenagem Urbana, para as cidades mais afetadas por este fenômeno, tem como objetivo, não apenas a gestão da rede de drenagem pluvial,

mas fazer com que se tomem medidas, estruturais e não estruturais, de modo a susceptibilidade ao fenômeno seja diminuída e, como tal se consiga baixar o grau de vulnerabilidade a que a população está sujeita, contribuindo assim, para diminuir as consequências do risco de ocorrência de inundações urbanas, na cidade e sua população.

Palavras-chave: Riscos, Plano Diretor de Drenagem, Minas Gerais.

Abstract: The fact that there was a high number of urban flooding in December 2011 and January 2012 in the state of Minas Gerais and the fact that this is recurring, not only in this state but in many Brazilian cities, with the extensive material damage, consequences in buildings and road infrastructure, sewage and water supply networks and, possibly fatalities, we try to analyse which factors contribute to this risk, which besides the concentration of rainfall is related to territorial planning issues. The proposed Master Plan for Urban Drainage, for the cities more affected by this phenomenon, aims not only the management of the rainwater drainage network, but to take measures, structural and non-structural, so that the susceptibility to the phenomenon is reduced, and as such it can decrease the degree of vulnerability to which the population is subjected, thus contributing to decrease the consequences of the risk of urban flooding in the city and its population.

Keywords: Risk, Director of Urban Drainage Plan, Minas Gerais.

Introdução

Este trabalho tem como objetivo compreender, discutir e sistematizar os fatores permanentes que influenciam a probabilidade de ocorrência de inundações urbanas, assim como apresentar algumas sugestões que contribuam para a resolução deste problema que vem agravando-se sistematicamente motivado pelo forte crescimento urbano.

A análise e a proposta que se pretende fazer têm como base no elevado número de inundações urbanas que ocorreram no estado de Minas Gerais nos meses de Dezembro (2011) e Janeiro de (2012) causando elevados prejuízos materiais nos edifícios e infraestruturas rodoviárias, redes de saneamento e abastecimento de água, acarretando prejuízos diretos que ultrapassaram a casa 1,6 bilhões de reais (Defesa Civil De Minas Gerais). Para além destes provocam outros tipos de prejuízos, normalmente não contabilizados, a destacar: acidentes rodoviários urbanos, epidemias, mortes de pessoas, etc.

Somente no período que abarca os anos de 2011 e 2012, cerca de 70 municípios de Minas Gerais requereram recursos financeiros junto ao Ministério da Integração Nacional, para construção e reparos de infraestruturas, que tinham sido afetadas pelas chuvas neste estado. Podemos ressaltar que o valor de recursos solicitados chegavam a 200 milhões de reais, e até o dia 6 de julho de 2012, tinham sido liberados pela União 73 milhões de reais distribuídos por 23 municípios (Defesa Civil De Minas Gerais).

A susceptibilidade de um território ou sociedade, relativamente ao fenómeno das inundações urbanas é condicionada pela conjugação de um conjunto de fatores permanentes, que geram condições propícias à sua ocorrência num determinado local, com fatores desencadeantes, que influenciam o suscitar do fenómeno num dado momento.

O estudo dos fatores permanentes que contribuem para a ocorrência, cada vez mais frequente deste fenómeno, é fundamental, pois só a sua determinação, compreensão e gestão, pode evitar as consequências cada vez mais desastrosas a nível urbano. Entre os fatores permanentes que entendemos necessário analisar salientam-se as características geográficas (morfologia, declive, litologia, tipo de cobertura vegetal, usos da terra, taxa de impermeabilização, processos e condicionantes da drenagem natural, características da rede hidrográfica e modificações topográficas de origem antrópica) e as características da Rede de Drenagem de Águas Pluviais (manutenção da rede – limpeza e conservação, dimensionamento dos bueiros e condutores, existência de afunilamentos na rede).

A compreensão do comportamento de todos estes elementos e das suas inter-relações e interconexões são fundamentais para explicar as áreas sujeitas

a inundações urbanas e quais as ações a desenvolver com o intuito da sua minimização, que atualmente passa de uma forma indiscutível por questões de política de Ordenamento do Território (Pedrosa & Costa 1999; Parker, 2000; Tucci & Berton, 2003; Pereira, 2005; Pedrosa & Faria, 2005; Pedrosa & Pereira, 2006; Santos 2012; Pegado *et al.*, 2012).

No que concerne aos fatores desencadeantes, assumem preponderância o comportamento da precipitação (quantidade, duração, intensidade da precipitação, concentração temporal, distribuição espacial na bacia hidrográfica), mas também, eventuais intervenções antrópicas, bem como, possíveis falhas técnicas (ruptura de condutores).

Procura-se também compreender o comportamento da precipitação já que a mesma é um dos fatores desencadeantes, mais importante para a compreensão das inundações urbanas, nomeadamente no que se refere á duração do episódio chuvoso (total da precipitação ocorrida durante o episódio, intensidade da precipitação) (Velhas 1991; Pedrosa & Pereira, 2006; Tucci, 1999; Costa, 2009).

Uma das características mais importantes da precipitação no estado de Minas Gerais é a forte concentração da chuva em períodos curtos, porém de forte intensidade, de modo que a precipitação se apresenta concentrada num curto período de tempo. Existem diversas notícias em jornais que nos possibilitam apercebermo-nos desta situação.

Em Outubro de 2011 foram registrados segundo a defesa civil “67,2 milímetros de chuva na tarde deste sábado (29) em Uberlândia” (Jornal Correio de Uberlândia, 30/10/2011) tendo sido registados nos primeiros 30 minutos um registo de 50 milímetros. O Laboratório de Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) em Março de 2011 registou 45 milímetros de precipitação em apenas uma hora tendo sido referido por um dos seus membros, “que corresponde ao dobro de uma chuva considerada normal” (Jornal Correio de Uberlândia, 19/03/2011).

Quando se trabalha com riscos de inundações urbanas é importante tentar definir quais os limiares mínimos de precipitação a partir dos quais o fenómeno pode acontecer. Segundo Paulo Cesar Mendes para a cidade de

Uberlândia “30 milímetros, durante uma hora, são suficientes para causar impactos” (Prefeitura Municipal De Uberlândia), concordando com os valores citados anteriormente.

Entendemos também que é de suma importância a análise da vulnerabilidade da sociedade, relativamente às inundações urbanas de forma a definir o grau de risco que as cidades possuem relativamente a este fenômeno. No entanto, em virtude da sua complexidade, não se consistiu como objeto deste trabalho. Defendemos, porém, a importância de uma reflexão cuidadosa sobre o grau de preparação das instituições e comunidades para minimizar os impactos negativos dos riscos naturais, nomeadamente os riscos de inundação, assim como, a sua gestão em situações de crise (Wisner, b. *et al.*, 2004; Pedrosa, 2012, Pedrosa & Pereira, 2012).

Princípios e estratégias de gestão do risco de inundação urbana

Antes de mais, importa definir o fenômeno que nos propomos a estudar: o risco de inundação urbana. Principiamos então por fazer a distinção conceitual entre inundação fluvial e inundação urbana, ainda que estes dois fenômenos se possam encontrar intimamente relacionados, sendo difícil distingui-los em alguns casos. De fato, pode acontecer uma interação entre os dois processos quando as cidades se localizam nas margens dos grandes cursos de água. Assim, por cheia fluvial, pode entender-se como a ocorrência de uma vazão elevada num curso de água que provoque o transbordo das margens do rio quer sejam estas naturais ou artificializadas, ou seja, a saída do rio do seu leito normal (Telles, 2002; Smith & Keith, 2000; Tucci, 1995).

As inundações em áreas urbanas tanto podem decorrer das cheias fluviais, quando as cidades ocupam a planície de inundação dos cursos de água, como de problemas da drenagem urbana (superficial e subterrânea) decorrente do processo de urbanização (Tucci, 1995). Como já o afirmamos a inter-relação entre estes dois tipos de inundação pode ser muito forte, podendo mesmo reforçarem-se mutuamente.

Ainda assim, julgamos importante explicitar as características que diferenciam estes dois fenômenos: *i*) as inundações fluviais têm um impacto acrescido sobre as populações que habitam as planícies de inundação dos rios, que com períodos de retorno variáveis são ocupadas por vazões de cheia de dimensão diversa; *ii*) as inundações urbanas resultam do avanço da urbanização que induz um incremento significativo da frequência e magnitude das inundações, em resultado da ocupação do território e da sua consequente impermeabilização e, ainda, da canalização da drenagem em condutores artificiais. A expansão da área urbana pode também alterar a morfologia natural do território produzindo barreiras ao escoamento, como aterros e pontes entre outras obras de construção civil.

Em síntese, podemos afirmar que as inundações urbanas decorrem principalmente da forma como a drenagem pluvial, quer seja superficial ou subsuperficial é projetada nas cidades e, ainda, da forte impermeabilização das superfícies que conduz a um aumento significativo do escoamento superficial em detrimento do escoamento subterrâneo.

As cheias urbanas na maior parte das situações originam-se em alguns minutos apenas. Estas são consideradas as cheias de maior intensidade instantânea de precipitação (Rebello 1997, 2003; Gomes & Costa, 2004). Contudo, apesar do efeito rápido, os volumes globais de água que levam ao seu aparecimento, são muito inferiores em comparação aos que são necessários para que aconteçam as cheias nos grandes rios.

Mesmo em cidades que possuam uma rede de drenagem pluvial bem desenvolvida podem ocorrer inundações, o que acontece quando os caudais excedem a capacidade dos coletores. Aliás, em áreas urbanas grande parte dos autores consideram uma cheia como inundação, mesmo que, muitas vezes, se considere apenas por “*alagamentos de arruamentos*” (Rebello, 1997; Tucci, 1995; Velhas, 1996)

Nenhum aglomerado urbano está excluído da possibilidade de ocorrência de precipitações excepcionais, mesmo que em média, os intervalos sejam de várias gerações pelo que o risco de inundação urbana é real. Como tal, é desejável que a população em geral, os responsáveis do ordenamento do território e da

defesa civil, em particular estejam preparados primeiro para desenvolver ações de minimização deste tipo de ocorrência e segundo para atuar numa situação de crise (Pedrosa, 2012).

O processo de urbanização que caracteriza o século XX e início do século XXI é marcado pelo surgimento e crescimento de grandes aglomerações urbanas, sem um planejamento bem definido e, muitas vezes sem qualquer tipo de planejamento urbano, crescendo de uma forma que podemos denominar de desordenada, em função de interesses imobiliários e da exclusão social. Nesse contexto resultam diversos tipos de problemas ambientais e diferentes tipos de riscos, nos quais se inserem as inundações urbanas, que demonstram as formas predatórias das relações do homem com a natureza (Pedrosa (Coord), 2007; Pereira & Pedrosa, 2009; Pedrosa & Pereira, 2012).

Mesmo em cidades cujo planejamento urbano realmente existe, as várias intervenções antrópicas, sobre as formas de relevo no processo de urbanização, alteraram a morfologia original, destruindo algumas de suas características básicas dando assim origem a novos processos morfodinâmicos (Pereira, 2005).

Podemos considerar desta forma que no processo de construção de cidades, a ação antrópica sobre ao território (a natureza) faz-se fundamentalmente a três níveis: i) modificações topográficas das formas de relevo; ii) alteração da dinâmica geomorfológica; iii) criação de depósitos correlativos.

As modificações ao nível do relevo proporcionam o surgimento de novas formas decorrentes de processos criados ou induzidos pela atividade humana. A modificação do relevo promove a criação, indução, intensificação ou modificação do comportamento nos processos hidrogeomorfológicos. De acordo com a tipologia e o estado de alteração, podem-se descrever algumas atividades antrópicas que geram novos padrões de comportamento morfodinâmico de que salientamos:

- A eliminação da cobertura vegetal e as modificações através de cortes e/ou aterros para a construção de arruamentos e moradias acabam por modificar a geometria das vertentes, alterando o declive e expondo o material anteriormente protegido da ação direta dos agentes climáticos;
- Os arruamentos, mesmo os que respeitam a topografia – e alguns não respeitam-acabam por “cortar” e redirecionar os fluxos hídricos, gerando

novos padrões de drenagem (Pereira *et al.*, 2012; Nardin & Pedrosa, 2013). As ruas transformam-se em verdadeiros leitos pluviais durante os eventos chuvosos que canalizam e direcionam os fluxos para setores que anteriormente possuíam um sistema de drenagem diferente. Desta forma é importante evitar soluções de continuidade para o escoamento superficial. Por exemplo, situações de aclave que sucedem a declive, dão origem a depressões onde a acumulação de água atinge por vezes alturas extremas;

- A impermeabilização modifica os fluxos da água, quer seja o superficial quer o sub-superficial. As superfícies impermeabilizadas não permitem a infiltração da água no solo, assim como dificultam a circulação de ar e da água, em profundidade. Segundo Tucci (1995), as cheias/inundações em áreas urbanas são uma das principais consequências diretamente relacionadas com a elevada impermeabilização (Berne, a. *et al.*, 2004; Tucci, 2004; Pedrosa & Faria, 2005). Existem predominantemente dois processos que podem ocorrer isoladamente ou de forma integrada, como já referimos: o primeiro referente às cheias em áreas adjacentes a grandes rios; e o segundo processo diretamente relacionado com o crescimento urbano. No entanto é preciso assinalar que podem surgir outros tipos de cheias/inundações urbanas em função de diversas situações tais como: estrangulamento da secção do rio devido a aterros, pontes, estradas, assoreamento e lixo; diminuição da velocidade das águas quando próximas ao rio principal, a um lago ou a um reservatório e também devido a erros de execução dos projetos dos sistemas de drenagem pluvial. As cheias em áreas adjacentes a grandes rios ocorrem pelo processo natural em que o rio ocupa o leito de inundação, de acordo com os eventos chuvosos extremos. Os impactos sobre a população são causados, principalmente, pela ocupação inadequada do território pelo espaço urbano;
- Os aterros recobrem a vegetação original bem como os materiais de cobertura superficial de formação natural, criando áreas de descontinuidade entre materiais heterogêneos, além de alterarem altimetricamente à superfície original, modificando os declives existentes. (Machado,

2012). A criação de depósitos correlativos é outra das consequências da ação humana sobre o meio natural. Estes depósitos *“representam um ciclo de erosividades sobre massa erodível, e cujos sedimentos são depositados ao longo das linhas de água bem como nas linhas artificiais de escoamento das águas pluviais”*. (Machado, 2012), favorecendo muitas vezes o processo de inundação urbana já que dificulta o escoamento superficial.

As cheias urbanas em Minas Gerais no período de Dezembro de 2011 e Janeiro 2012

Para se apresentara as características fundamentais da precipitação no Estado de Minas Gerais escolheram-se algumas estações meteorológicas cuja localização permitisse ter uma ideia do comportamento deste elemento climático em todo o estado.

Os gráficos pluviométricos determinados para o período de 1980 - 2011 (fig. 1) mostram que a característica fundamental é a existência de um período chuvoso de novembro a março com uma estação seca maior e bem marcada no norte do estado. As médias anuais para o período em análise variam entre 921,7mm para Aymores e 1621,4mm para Belo Horizonte, mostrando-se claro a importância latitudinal, mas também a influência das áreas de montanha correspondentes à Serra do Curral que compõe o maciço da Serra do Espinhaço.

No sentido de compreender as graves inundações de Dezembro de 2011, prolongados pelos primeiros dias de janeiro de 2012 inserimos nos gráficos pluviométricos os valores de precipitação total desses meses, com o intuito de compararmos com as médias mensais que foram determinadas.

É importante salientar que em quase todas as estações analisadas os meses de Dezembro (2011) e Janeiro (2012) apresentaram valores de precipitação superiores à média, o que explica o elevado número de situações de inundação no estado de Minas Gerais. Este fato levou que fosse declarado o estado de emergência em 99 municípios deste estado (QUADRO I).

Nos meses em questão para além do número de dias contínuos de chuvas (QUADRO II) que tiveram como consequência o aumento da vazão dos grandes rios, podemos salientar as sequências de dias contínuos de precipitação que ocorreram em diversas estações: de Belo Horizonte com 15 dias (dezembro (2011) e janeiro (2012)): com 10 dias em Juiz de Fora, Unai (3 sequências, interrompidas apenas por um dia sem chuva); e 9 dias em Uberaba e Montes Claros.

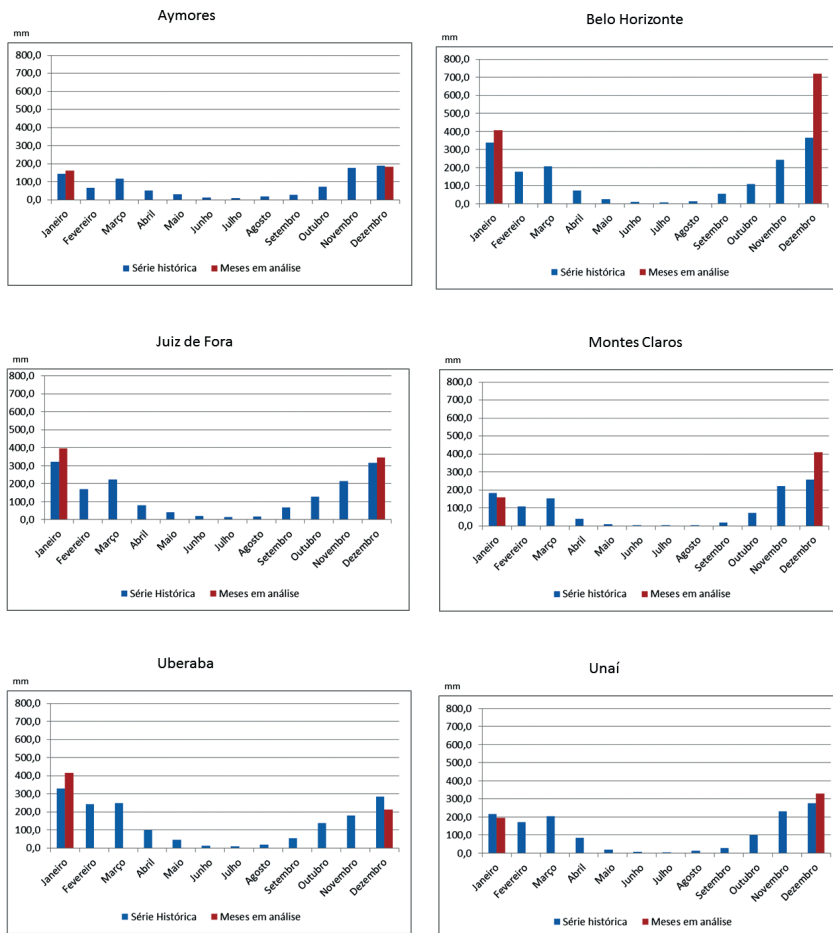


Fig. 1 - Gráficos termopluiométricos das estações selecionadas no Estado de Minas Gerais (Fonte: CPTEC/INPE, 2013).

Fig. 1 - Graphics of rainfall stations selected in the state of Minas Gerais (Source: CPTEC/INPE, 2013).

QUADRO I - Cidades atingidas pelas inundações em MG em Dez.de 2011 e Jan. de 2012.
TABLE I - Cities affected by floods in Minas Gerais in December 2011 and January 2012.

Lista das cidades atingidas		
Abre Campo	Florestal	Paulo Cândido
Acaiaca	Formiga	Paulistas
Alagoa	Guaraciaba	Poço Fundo
Alpercata	Guidoval	Ponte Nova
Alvinópolis	Guiricema	Raposos
Araponga	Ibireté	Raul Soares
Astolfo Dutra	Itabirito	Rio Casca
Barra Longa	Itamarandiba	Rio Doce
Belo Horizonte	Itanhomi	Rio Espera
Belo Vale	Itumiri	Santa Fé de Minas
Braúnas	Jacinto	Santa Rita da Jacutinga
Brasília de Minas	Jeceaba	Santo Antônio do Rio Abaixo
Brumadinho	Joanésia	São Domingos do Prata
Buritzeiro	João Molevade	São Geraldo
Campo Belo	João Pinheiro	São João Evangelista
Caputira	Juatuaba	São João da Mata
Carmópolis de Minas	Lamim	São João do Orinete
Cataguases	Leopoldina	São Pedro dos Ferros
Cipotânea	Lima Duarte	São Sebastião da Vargem Alegre
Contagem	Mariana	São Sebastião do Rio Preto
Claro dos Poções	Mario Campos	Sardoá
Conceição do Pará	Matipó	Senador Firmino
Congonhas	Mathias Lobato	Senador Modestino Gonçalves
Conselheiro Lafaiete	Mesquita	Setubinha
Conselheiro Pena	Miraí	Tarumim
Divinópolis	Moeda	Timóteo
Dom Joaquim	Montes Claros	Turumitinga
Dona Euzébia	Muriae	Ubá
Entre Rios de Minas	Oliveira	Varzea Da Palma
Ervália	Ouro Preto	Vespertino
Esmeraldas	Pará de Minas	Viçosa
Espera Feliz	Passabém	Vierias
Faria Lemos	Patrocínio Muriae	Visconde do Rio Branco

Fonte/Source: G1.com, 2013.

Estas sequências contínuas de precipitação são responsáveis pela manutenção e aumento da vazão dos rios que acabam por inundar as áreas de planície aluvial e as cidades ou povoações e infraestruturas que nelas se instalaram. Muitos foram os exemplos como se pode verificar no QUADRO II.

QUADRO II - Precipitação ocorrida nos meses de dezembro (2011) e janeiro (2012) e as sequências da precipitação com mais de 5 dias.

TABEL II - Precipitation occurred in the months of December (2011) and January (2012) and the sequences of rainfall with more than 5 days.

Dia	Uberaba		Belo Horizonte		Juiz de Fora		Unai		Montes Claros		Aymores	
	dez-11	jan-12	dez-11	jan-12	dez-11	jan-12	dez-11	jan-12	dez-11	jan-12	dez-11	jan-12
1	39,8	32,5	7,0	58,4	6,0	20,0	56,4	25,2	14,6	11,9	0,0	0,0
2	14,9	86,4	31,3	74,4	9,6	54,8	21,0	1,4	33,1	32,2	2,8	20,0
3	0,0	1,7	27,5	28,3	0,0	14,8	5,1	21,7	89,0	7,4	26,8	60,0
4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	1,9	2,0	69,7	11,0	9,4	9,4
5	0,0	0,0	0,0	40,9	0,0	17,0	2,4	0,0	2,4	10,2	2,0	22,0
6	0,0	0,0	32,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	21,2	0,0	17,8
7	17,2	29,1	0,2	25,8	0,0	8,6	1,9	11,3	0,7	38,0	1,6	0,0
8	14,8	53,5	12,2	15,3	4,4	4,4	0,0	0,1	0,0	0,0	8,2	0,0
9	4,6	0,0	4,6	21,9	41,2	82,8	0,0	24,0	0,0	2,9	0,0	6,4
10	11,3	38,1	12,5	5,2	30,4	8,8	0,0	19,9	0,0	7,3	1,6	3,8
11	15,9	35,6	18,6	0,0	8,7	13,8	22,6	7,6	13,0	0,4	5,0	28,4
12	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0	0,2	3,6	0,5	20,5	0,3	1,4	3,4
13	0,0	9,3	85,1	0,0	4,6	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,2	1,2
14	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	26,7	0,0	1,6	0,0
15	14,0	0,0	91,4	0,5	33,0	0,0	6,2	2,6	0,0	0,0	3,8	0,0
16	0,0	5,7	83,3	0,0	33,4	0,0	10,4	0,0	26,1	0,0	0,2	0,0
17	0,0	1,3	29,1	0,0	17,6	0,0	8,0	0,7	32,7	0,0	5,6	0,0
18	17,2	4,0	86,3	0,0	5,8	0,0	39,6	19,0	17,9	0,0	1,8	0,0
19	0,0	4,5	37,5	0,0	15,8	0,0	48,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
20	0,0	18,2	52,4	0,0	7,0	0,0	7,8	9,8	0,6	0,0	0,0	1,8
21	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	0,0	37,3	0,0	1,2	0,0	6,6	0,0
22	0,0	6,8	0,8	0,0	2,0	0,0	14,0	0,0	15,1	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	3,6	0,0	1,6	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	4,8	0,0	0,0	4,2	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2
26	24,4	0,0	0,0	0,0	30,2	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	18,2	2,7	48,6	7,8	13,6	2,0	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,5	17,2	39,4	30,6	59,2	39,5	7,9	32,4	12,0	0,0	0,0	0,0
29	2,8	44,8	9,9	3,5	5,9	61,8	2,4	0,0	0,0	0,0	53,2	0,0
30	7,5	5,0	10,0	56,6	2,8	57,0	0,2	0,1	23,8	5,6	21,8	0,0
31	10,6	0,0	1,3	37,4	0,0	11,8	5,6	13,6	11,2	9,8	7,2	0,0
Total	213,7	415,5	724,6	407,5	345,4	397,3	328,8	194,0	410,7	158,2	160,8	182,0

Para além destas sequências de dias de chuva, saliente-se a importância da concentração das chuvas em dias com 30 mm ou mais de precipitação (fig. 2 e QUADRO III).

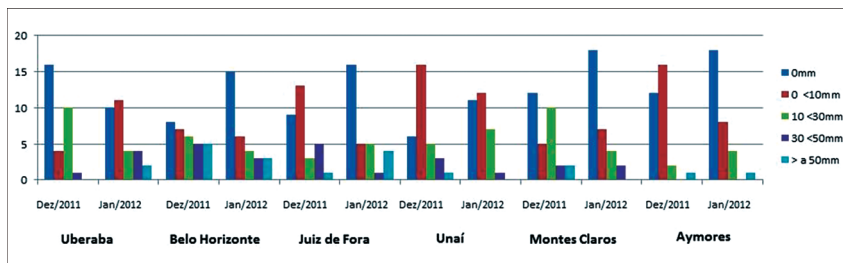


Fig. 2 - Distribuição da precipitação em função da precipitação diária.

Fig. 2 - Distribution of rainfall on function of daily rainfall.

Este tipo de precipitações intensas que normalmente ocorrem em curtos períodos de tempo (1 ou 2 horas) provocaram inundações rápidas e cheias urbanas em muitas cidades de Minas Gerais. Como se pode observar no QUADRO III, as precipitações acima de 30 mm correspondem em muitos casos a mais de 50% da precipitação ocorrida no mês em alguns casos a mais de 70% (Belo Horizonte, Uberaba e Juiz de Fora).

QUADRO III - Percentagem de concentração da precipitação em dias com mais de 30 mm.

TABEL III - Percent concentration of rainfall days over 30 mm.

	Uberaba		Belo Horizonte		Juiz de Fora		Unai		Montes Claros		Aymores	
	dez 2011	jan 2012	dez 2011	jan 2012	dez 2011	jan 2012	dez 2011	jan 2012	dez 2011	jan 2012	dez 2011	jan 2012
Total >30mm	39,8	290,9	587,3	298,3	227,4	295,9	181,3	32,4	224,5	70,2	53,2	60,0
%	18,62	70,01	81,05	73,20	65,84	74,48	55,14	16,70	54,66	44,37	33,08	32,97

Deste modo, temos de concluir que as características da precipitação que aqui se apresentam, são propícias á ocorrência de cheias urbanas, quando associadas á forte impermeabilização que um centro urbano origina.

Mas os problemas das inundações urbanas não são exclusivamente derivados da quantidade e intensidade da precipitação, nem do grau de impermeabilização, mas também da forma como se faz o planejamento da cidade, ou seja, dos processos de urbanização.

Quando averiguamos as notícias sobre as inundações ocorridas no Estado de Minas Gerais no período em análise, podemos distinguir diversos fatores que contribuem para a explicação da sua ocorrência.

Assim, podemos salientar um primeiro fator relacionado com os cursos de água que atravessam as cidades e com a ocupação das suas planícies aluviais que geram graves problemas, nomeadamente: i) pela dificuldade de controle dos elevados caudais que podem ocorrer; ii) pela extensão do percurso do rio no interior da cidade; iii) pela elevada velocidade que as águas podem atingir.

Deste fato podemos salientar as notícias do dia 1 de Janeiro (g1.com^a) que refere que,

“[...] em Divinópolis, no centro-oeste de Minas, o Rio Itapecerica, que tem 12 km dentro da área urbana, subiu 8 metros”, [tendo água invadido] “uma das pistas da ponte que faz ligação com o centro da cidade e o maior hospital da região” Acrescenta que na “cidade, foram registradas 200 ocorrências de inundações, deslizamentos de terra e alagamentos. Centenas de famílias estão desabrigadas ou desalojadas. A principal estação de tratamento de água da cidade foi invadida pela enchente, e o fornecimento de água está suspenso para 90 mil pessoas por tempo indeterminado [...]”.

Muriaé também é notícia pela mesma razão já que “o rio que corta a cidade registrou correnteza de 100 km/h. Pelo menos oito bairros foram atingidos, e a rodoviária ficou interditada” (g1.com^a).

Outras situações descritas nas notícias exemplificam bem a questão das inundações especificamente urbanas, ou seja, aquelas que derivam exclusivamente do processo de urbanização e do crescimento das cidades. Assim em 15/12/2011 pode ler-se “temporal em Belo Horizonte causa inundações e interdita duas avenidas”. Salienta-se o temporal que atingiu a Região Metropolitana de Belo Horizonte tendo sido as avenidas Cristiano Machado e Antônio Carlos “as vias mais afetadas pelo temporal na capital mineira” encontrando-se “com-

pletamente interditadas em alguns pontos” (g1.com^b). Para além da interrupção das vias de circulação automóvel a notícia chama a atenção para outros processos que ocorrem nas cidades durante o episódio chuvoso. Assim o corpo de bombeiros registou “três desabamentos [...] cinco deslizamentos [...] e 17 perigos de desabamentos”. Salienta ainda que “no bairro Gutierrez, região Oeste de Belo Horizonte, uma cratera se formou na Avenida Américo Macedo. De acordo com a Comdec, o problema foi causado pelo rompimento de rede da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa)”

A ocorrência sistemática deste tipo de problemas (Cajazeiro, 2012; Santis & Mendonça, 2000) leva muitas vezes a que os técnicos e políticos pensem em intervenções, quase sempre de ordem estrutural, que procuram mitigar as consequências deste tipo de risco. A exemplo, da reportagem apresentada pelo site G1.com,

“[...] de acordo com a Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), algumas obras foram realizadas ou estão em andamento com o objetivo de conter as enchentes. Na região Oeste, o Ribeirão Arrudas foi revestido e teve o fundo rebaixado. No Barreiro, uma barragem de contenção foi instalada no Córrego Bom Sucesso. Uma obra semelhante foi realizada no córrego da Avenida Várzea da Palma, em Venda Nova”.

Acrescenta ainda que “a cidade tem 82 áreas consideradas críticas. As principais estão localizadas nas regiões Oeste, Norte, Venda Nova e Barreiro. Ainda segundo a PBH, das 23 obras de prevenção, 12 estão prontas e 11 estão em andamento” (G1.com^b).

Em Uberlândia ocorrem situações idênticas (Nardin, Pedrosa, 2013), onde algumas representam claramente de erros urbanísticos. Damos o exemplo da Avenida Rondon Pacheco localizada toda ela na planície aluvial do Córrego São Pedro que se encontra totalmente canalizado e que sofre inundações sistemáticas com consequências graves. Acresce o fato de duas ruas importantes da cidade, canalizarem as águas pluviais no mesmo ponto da referida avenida agravando a situação (fig. 3).

É notório que o modelo de sistema preventivo tem por base a construção de infraestruturas, ou seja, é quase que exclusivamente estrutural. As medidas não estruturais, relacionadas ou com o ordenamento e planejamento das cidades, ou com ações de caráter social e informativo, (Ide, 1984; Foster, 1990; Filho, *et al.*, 2000) são praticamente inexistentes, ou mesmo, nulas apesar de

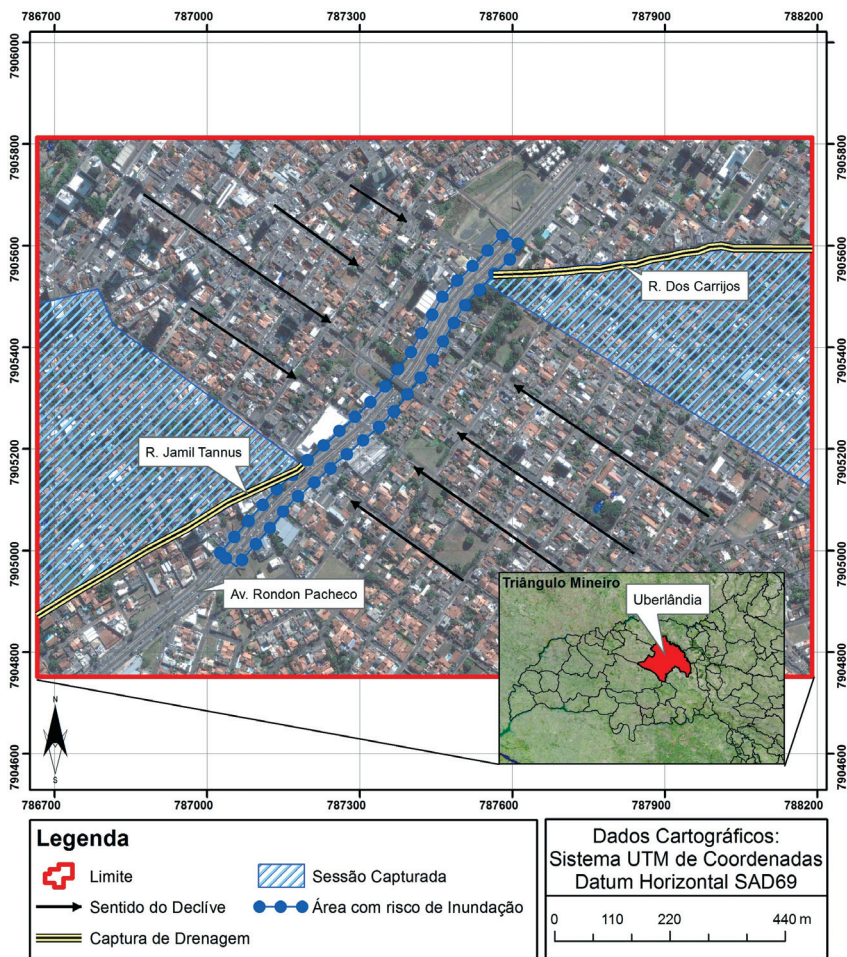


Fig. 3 - Concentração das águas pluviais na Avenida Rondon Pacheco, resultante de diversos erros de planejamento (Fonte: Danelon, 2014).

Fig. 3 - Concentration of rainwater in Rondon Pacheco Avenue resulting from various planning mistakes (Source: Danelon, 2014).

revelarem-se muito mais eficazes e muito menos dispendiosas que as medidas pelas quais normalmente o poder político opta.

A dimensão que este tipo de fenômeno assume, em determinadas situações, como o que aconteceu em dezembro de 2011 e janeiro de 2012, no estado de Minas Gerais, fazem com que estes fenômenos passem a ter uma dimensão política exacerbada. Várias são as notícias que nos dão conhecimento de deslocamentos de políticos ao terreno, ou então, de medidas político-financeiras tendo em vista a ajuda humanitária ou para corrigir rapidamente os danos que o fenômeno causou. A título de exemplo, cite-se o Governador de Minas Gerais ao discutir a situação dos 108 municípios afetados pelas chuvas.

Antônio Anastasia (governador de MG) lembrou que,

“[...] a assistência aos municípios prejudicados pelas chuvas será completa. Não existe restrição financeira, nem orçamentária para dar assistência às pessoas que são vítimas de calamidade, de situações de gravidade e de risco. Os recursos financeiros existem e são necessários nesses momentos”, afirmou” (AGÊNCIA MINAS GERAIS, 2012).

A pergunta que deixamos é se realmente esta disponibilidade financeira falada em situação de crise é realmente concretizada? Nem sempre acontece. Por exemplo, pode ler-se no site do G1 – Portal Globo de Notícias, que,

“[...] não há, ainda, previsão de liberação de recursos para os estados atingidos pelas chuvas” [e acrescenta que] “nenhum dos governos estaduais pediu verbas para retirada e acomodação de pessoas. Já os recursos para reconstrução - o governo federal tem, no momento, R\$ 450 milhões a disposição - só são liberados depois que o estado apresenta uma avaliação dos danos”. (G1.com, 2012c).

Estes fatos podem levar-nos a concluir que em situação de crise, muitos fundos financeiros surgem, mas a sua divulgação tem intenções muito mais psicológicas de que efetivas, tendo como objetivo acalmar as populações, muitas vezes, em desespero, já que perderam muitos dos seus bens.

Mais importantes do que estas medidas politico-financeiras anunciadas depois da crise desencadeada, serão necessárias medidas efetivas de prevenção que passa pelo seu enquadramento num processo amplo de gestão de riscos (Pedrosa, 2012) onde se torna importante a permanente informação da sociedade civil, pela formação de técnicos especializados na área da Defesa Civil e, ainda, uma relação com as instituições universitárias de modo a desenvolver-se conhecimento científico nestas áreas que ajude a resolver os problemas que são colocados em situações de crise.

Importância de um Plano Diretor de Drenagem Urbana

A importância de um bom sistema de drenagem pluvial

Como demonstrado, a precipitação quando ocorre sobre os aglomerados urbanos produz volumes de águas pluviais que escoam superficialmente através dos solos, telhados, arruamentos e quaisquer outras superfícies não totalmente permeáveis. A colocação de dispositivos de drenagem pluvial (como valetas, valas, sarjetas, coletores) é uma tentativa de encaminhar as águas para locais de descarga considerados aceitáveis para o efeito.

Os dispositivos de drenagem pluvial procuram impedir que o escoamento superficial urbano e os eventuais transbordos de coletores causem prejuízos e inconvenientes apreciáveis à população ou ao edificado da cidade, tais como: i) danos causados pelo arrastamento superficial de sedimentos; ii) levantamento e deslocação dos pisos das ruas ou dos passeios; iii) interrupções de trânsito e consequências que daí advém como atrasos ao trabalho, acidentes rodoviários, arrastamento de carros, prejuízos nos próprios carros; iv) inundações de pisos térreos e estabelecimentos comerciais, parques de estacionamento, entre outros; v) em última estância a perda de vidas humanas, apesar de não ser das consequências mais comuns.

Assim quando se instala a rede de drenagem pluvial, seja qual for o aglomerado urbano, é necessário atender a uma boa instalação dos dispositivos

superficiais (valetas, valas, canais) tendo em atenção os declives, quantidade de precipitação e, ainda, efetuar uma boa distribuição dos dispositivos de ligação à rede subterrânea (sarjetas e coletores), nomeadamente em dimensão e projeto técnico para além de ser necessário ter em conta, o seu enquadramento nas bacias hidrográficas naturais abrangentes, ou que sobre ele, podem influir.

É importante que a projeção de todas as infraestruturas relacionadas com a rede de drenagem pluvial atente ao tipo de precipitação, à intensidade da mesma, ao total de área impermeabilizada das bacias hidrográficas urbanas, de forma que escoem eficazmente, mesmo quando se possa atingir os máximos caudais previstos. O ideal seria mesmo atender aos caudais verdadeiramente excepcionais mesmo não previstos. A questão é que, na maior parte dos casos, a drenagem pluvial urbana está apenas preparada para as vazões consideradas normais, de modo que, quando a quantidade e intensidade da precipitação são excepcionais, ela não responde eficazmente às necessidades do escoamento pluvial urbano. Este é um dos fatores que mais contribui para as inundações urbanas.

As cidades que se desenvolvem nas margens de grandes cursos de água deveriam dispor de espaços livres de edificações, no leito maior, ou leito de inundação. Como raramente acontece esta medida de prevenção, ter-se-ão necessariamente de empreender obras de defesa contra as cheias que podem passar pelo bombeamento de caudais ou, como é mais comum, pela retenção de caudais pluviais produzidos nas áreas urbanas de cotas mais elevadas, durante períodos em que o curso de água não permita o escoamento gravítico dos coletores. As áreas urbanas situadas a cotas pouco acima dos níveis de cheia de um curso de água devem ser providas de coletores previstos para o funcionamento em carga, quando as chuvas locais se produzem em períodos coincidentes com a formação daqueles níveis.

Em aglomerados cujas bacias hidrográficas urbanas incluem a montante, grandes áreas não urbanizadas, é preciso ter em conta o comportamento dos solos em termos de capacidade de infiltração, nomeadamente em face de precipitações intensas de curta duração ou, então, menos intensas, mas muito prolongadas. Também em cidades situadas na base de uma vertente ou na própria encosta montanhosa deve atender-se ao previsível comportamento dos solos relativamente às características da precipitação da área. Em ambos os casos existe

a necessidade de se considerarem dispositivos para desvio das águas pluviais de forma a evitar que invadam a cidade e causem inundações e ainda que evitem, por exemplo, riscos de ocorrência de movimentos em massa.

Na concepção da rede de drenagem urbana há que se ter em conta as previsíveis consequências das descargas finais nos locais escolhidos para este efeito. As descargas em grandes cursos de água raramente originam inconvenientes de maiores proporções, mas podem originar áreas de deposição de sedimentos e outros materiais sólidos. As descargas em pequenos cursos de água podem ocasionar prejuízos e inconvenientes aos proprietários ou a outro tipo de utilizadores a jusante, devido ao aumento substancial das vazões críticas. Deve-se salientar ainda a importância da escolha do local de vazão de forma a que, durante uma cheia, a rede de drenagem urbana continue a fazer escoar a água e não o contrário: entrada da água do rio principal pela rede de drenagem ocasionando inundações nas áreas urbanas acontece com frequência (Pedrosa (coord.), 2007; Pedrosa & Pereira, 2006; Costa, 2009).

As redes de drenagem urbana são infraestruturas, cuja construção tem como objetivo servir às estruturas principais (casas e arruamentos) de um aglomerado urbano, devendo adequar-se aos modelos urbanos que pretendem servir. Desta forma, ao projetista da drenagem urbana, compete fazer a adequação necessária, bem como contribuir/colaborar em estudos e recomendações para o sucesso e eficiência do projeto urbanístico (Tucci & Berton, 2003; Pereira, 2005; Moura, 2005). Nesse sentido, a técnica de estabelecimento de dispositivos de drenagem pluvial urbana deve ter em consideração a ciência e as técnicas da Hidrologia, por um lado, e a ciência e as técnicas do Urbanismo, por outro.

Processos de drenagem superficial e profunda em aglomerados urbanos

Um dos principais objetivos da construção das redes de drenagem de águas pluviais em áreas urbanas é a resolução do escoamento superficial resultante da impermeabilização dos solos que deriva diretamente do processo de urbanização. O sistema da rede de águas pluviais deve englobar uma rede de dispositivos

superficiais que conduzam de uma forma eficaz o escoamento superficial urbano para uma rede de condutos subterrâneos que devem facilitar a condução das águas até o exutório.

Os sistemas de drenagem de águas pluviais são caracterizados por um conjunto de subsistemas inter-relacionados, quantitativa e qualitativamente, transportando a água da chuva desde o local de queda até ao meio receptor. Conceitualmente, podemos considerar os seguintes subsistemas: escoamento superficial; transporte através dos coletores e dos órgãos principais; armazenamento/tratamento; meio receptor.

A rede pluvial urbana terá de consistir em:

- dispositivos de entrada de vazão que permitam a entrada das águas no sistema que pode ser feita por ligação direta ao coletor dos tubos de queda dos prédios abastecidos pelas calhas dos telhados cuja vantagem é a redução dos dispositivos que ligam os tubos de queda às valetas das ruas, reduzindo os caudais captados pelas valetas; sarjetas de recolha das águas que correm nas valetas ou acostamentos dos pavimentos das ruas; bocas de entrada de águas provenientes de terrenos livres;
- coletores (ou valas) de transporte cujo dimensionamento deverá ter em conta o comportamento hidráulico, ou seja, o comportamento das características do escoamento à entrada e à saída, bem como o valor do caudal de dimensionamento. As dimensões de uma conduta, seja qual for a sua seção transversal, devem ter em linha de conta que uma deficiente capacidade de vazão conduz à sobre-elevação do nível de água a montante e, conseqüentemente, à inundações nas vias ou nos solos que se pretendem drenar;
- dispositivos de saída que conduzem as águas da drenagem pluvial para a rede hidrográfica natural. Se a saída da rede pluvial urbana ocorrer em cursos de água de grandes dimensões dificilmente ocorrerá problemas graves no que se refere à capacidade de transporte do curso de água, tanto no que se refere aos caudais sólidos como líquidos, no entanto, se o receptor for um rio de pequena vazão podem surgir problemas a jusante devido ao substancial aumento dos caudais de ponta em áreas

urbanizadas. Os efeitos imediatos serão transbordamento e erosão das linhas de vale originais. Na generalidade este é um dos aspectos mais negligenciados, devendo ser acautelado com a introdução de dispositivos de eliminação ou redução dos inconvenientes referidos. Assim na efetivação do desaguar de caudais pluviais urbanos em cursos de água, deve ter-se em conta os níveis de água do meio receptor, nomeadamente em ocasiões de cheias ou de temporal.

Em síntese, o objetivo da drenagem pluvial é a condução de águas locais não desejadas, para áreas concebidas para o efeito. O escoamento superficial sobre os solos e arruamentos é, em grande medida, um problema subjetivo, no sentido de que há que interpretar a sensibilidade das populações e inconvenientes ou prejuízos daí resultantes.

Os pequenos aglomerados urbanos, com até cem mil habitantes (IBGE, 2000), não apresentam tantos problemas já que a área impermeabilizada é de dimensão reduzida e estão geralmente providos de meios, de modo que o escoamento de águas pluviais se faz sem grandes problemas, não resultando, portanto, em graves consequências de inundações. Os escoamentos são feitos ao longo de valetas e as faixas de acostamento das vias, intercepções em aquedutos, canalizações enterradas ou superficiais, desvios de cursos de água próximos, infiltração nos terrenos, entre outros aspectos. Não significa, no entanto, que não seja necessário, por vezes, proceder a melhoramentos resultantes da excessiva concentração e frequência de caudais superficiais em certas áreas mais baixas ou a jusante do aglomerado.

Os grandes aglomerados intensamente edificados e impermeabilizados, em situações de precipitação intensa, dão origem a caudais pluviais, que podem atingir velocidades e volumes susceptíveis de causar prejuízos consideráveis. Para estes casos, os dispositivos da rede de drenagem deverão ser calculados para eventos chuvosos com grande intervalo de ocorrência, ou seja, para valores extremos de precipitação.

O planeamento de novos aglomerados deveria facilitar a construção de uma rede de drenagem mais coesa, segura e eficaz, e deveria ser pensado em função de medidas estruturais e não estruturais de modo a evitar problemas futuros concer-

mentes às inundações urbanas. As primeiras dizem respeito aos dispositivos que já tratamos, em que se deve ter em conta: 1) o cálculo hidráulico dos dispositivos de recolha de águas superficiais e a sua condução para coletores subterrâneos; 2) a adequação das linhas de drenagem superficial, principalmente no que diz respeito às velocidades praticadas e ao tipo de revestimento. As medidas não estruturais visam uma melhor convivência da população com as enchentes e terão de ser de carácter preventivo. Estas últimas passam entre outros aspectos por: i) regulamento do uso da terra; ii) construção à prova de enchentes; iii) impedimento da total impermeabilização dos solos, ou seja, o planeamento deve exigir uma percentagem adequada de espaços livres, sendo a solução mais adequada, porém nem sempre é a praticada, por razões que se prendem à pressão e à especulação urbanística dos terrenos. Esta medida é fundamental para que existam áreas que permitam a infiltração e se faça um controle mais natural da escorrência, evitando a sua condução total para a rede drenagem pluvial.

O processo de gestão das águas pluviais nos aglomerados urbanos

O sistema de drenagem de águas pluviais procura dar resposta a situações em que a água da chuva possa condicionar o normal funcionamento da cidade, na sua vertente física e humana. Um bom sistema de gestão de águas pluviais exige que haja uma planificação e forte coordenação e cooperação a diferentes escalas (nacional, regional e municipal) (Abreu, 1983; Gladwell, 1993; Villanueva & Tucci, 2001; Tucci, 2004).

A política de gestão, no que concerne aos grandes investimentos (obras de regularização fluvial), tendo em conta as orientações globais, deve fazer-se à escala nacional.

No plano regional devem-se desenvolver estudos no âmbito das bacias hidrográficas no intuito de controlar as águas, coordenadas com um plano mais vasto de gestão dos recursos hídricos.

O plano municipal compreende a atividade municipal no sentido de resolver os problemas do seu âmbito, sendo que, deve sempre ter em conta: i) o desen-

volvimento de estudos e projetos dentro da área da sua jurisdição, que permitam resolver problemas atuais numa perspectiva preventiva; ii) o levantamento e análise dos problemas do município com especial ênfase nas questões urbanas; iii) a tomada de medidas para a defesa das águas de superfície, fundamentalmente em termos de controle da sua drenagem e sua poluição.

É essencial que se tenha consciência que alguns dos problemas ultrapassam a escala do município, pelo que se torna necessário estabelecer uma forte cooperação à escala intermunicipal no sentido de integrar todas as áreas que constituem uma mesma rede hidrográfica.

A análise correta das áreas inundadas é fundamental, na medida em que estas não se relacionam exclusivamente com causas meteorológicas, podendo ficar a dever-se ao assoreamento dos leitos, falta de mecanismos de controle de cheias e regularização de caudais, deterioração da cobertura vegetal em zonas acidentadas, obstrução de linhas de água, execução e manutenção de infraestruturas no sentido de dar resposta aos aumentos bruscos de caudal.

Os estudos relacionados com as inundações devem equacionar, tanto, os fatores técnicos como os aspectos socioeconômicos. Estes estudos devem contemplar não só o custo do investimento, como todos os custos relacionados com a exploração, ações de manutenção e riscos que advenham da ocorrência de inundações.

A cooperação entre as diferentes entidades interessadas na resolução dos problemas relacionados com inundações urbanas é fundamental para que se dinamizem estratégias de ação em cada nível de intervenção. Assim o trabalho desenvolvido pelos técnicos no sentido de encontrar soluções alternativas permite aos políticos, de acordo com as soluções apresentadas, tomar as decisões corretas, tendo em conta a análise dos custos e consequentes benefícios sociais e econômicos. A atuação técnica deve ser um processo integrado, dinâmico e em permanente revisão e atualização que deve conceber e executar um plano geral de rede de drenagem urbana tendo como objetivo criar as condições para o correto escoamento hidráulico.

Para além desses aspectos é fundamental que a nível municipal se crie uma regulamentação no sentido de se evitar a total impermeabilização dos solos e de controlar e criar meios para evitar o lançamento indiscriminado de efluentes

domésticos e industriais nos coletores pluviais, para que estes não transportem resíduos poluentes, os quais virão a ser lançados no meio sem tratamento prévio.

Para além desses aspectos que nos referimos e que são fundamentais para um bom funcionamento de um sistema de drenagem pluvial urbana é necessário ter em consideração outros aspectos, nomeadamente no que se refere à sua manutenção. Assim, para que o sistema de águas pluviais funcione corretamente, deve evitar-se a obstrução do sistema, para que as águas pluviais possam fluir. É fundamental que o sistema de escoamento de águas pluviais seja independente de outros tipos de águas, bem como que seja evitada a acumulação de sedimentos, entulhos e outros resíduos, na medida em que esses podem provocar a diminuição da capacidade de escoamento da rede.

As zonas baixas representam uma área de especial atenção na medida em que funcionam como bacias coletoras das águas provenientes das zonas altas urbanas, ficando, assim, sujeitas a inundações frequentes. A situação é agravada, ainda, pelo fato de nestas zonas acumularem-se materiais sólidos relacionados com a redução da velocidade da água, que passa a ter menor capacidade de transporte e que acaba por reduzir a seção de escoamento e, conseqüentemente, a fluidez das águas pluviais. A deficiente limpeza das ruas permite a acumulação de materiais nas sarjetas e sumidouros, o que reduz a capacidade de escoamento para o interior dos coletores, passando a fazer-se o escoamento à superfície.

A progressão da área urbanizada e conseqüente impermeabilização do solo leva à sobrecarga dos coletores existentes a jusante na medida em que as seções existentes não estão preparadas para receber o acréscimo da vazão. Assim, torna-se necessário refazer a rede de drenagem subterrânea de forma que ela traduza eficácia no escoamento e não funcione como emissora das águas pluviais vindas de montante e não contribua para o agravamento das inundações urbanas.

Em alguns casos, a localização das sarjetas e sumidouros ao longo dos arruamentos, nem sempre é a ideal, o que traz deficiências, em especial, nas zonas de cruzamentos dos arruamentos ou em determinadas curvas das ruas. A má implantação dos coletores, por razões técnicas, diminui a quantidade de água coletada por estes e, como tal, a eficiência para a qual foram construídos.

O escoamento das águas pluviais à superfície através de valetas nem sempre apresenta as condições ideais para efetuar o escoamento, nomeadamente em termos de inclinação, forma e capacidade de vazão satisfatória.

Finalmente, cabe destacar um aspecto mais particular do escoamento de águas pluviais em zonas urbanas relacionados com os diversos tipos de contaminação que afetam as águas receptoras, tais como: resíduos sólidos das ruas; produtos de combustão dos veículos motorizados; vegetação em decomposição; resíduos de origem industrial; resíduos de inseticidas e fertilizantes aplicados nos jardins públicos e privados e poeiras de várias origens. Estes produtos são arrastados pelas primeiras chuvas, atingindo valores de cargas poluentes semelhantes ou superiores ao dos esgotos, contribuindo para a poluição dos cursos de água receptores, já que as águas pluviais não estão ligadas a sistemas de tratamento de efluentes.

Conclusão

A superfície hoje ocupada pelas grandes cidades obriga a que se considerem no seu desenvolvimento os processos ecológicos naturais. O desenho urbano não pode ser exclusivamente dominado pela construção de edifícios, implantação de vias e até de espaços públicos, a maior parte das vezes ocupando áreas residuais permitidas pelas composições arquitetónicas. A cidade futura não deve resultar do preenchimento dos espaços vazios pelo edificado. Há que considerar que esses espaços deverão ter um desenho coerente com a necessidade da presença da natureza num meio onde domina o artificial e que corresponda à indispensabilidade de funcionamento dos processos ecológicos (Cheng, Wang, 2002).

Uma estratégia essencial para a obtenção de soluções eficientes é a elaboração de planos diretores. É altamente recomendável que um plano diretor de drenagem urbana evite medidas locais de carácter restritivo (que frequentemente deslocam o problema para outros locais, chegando mesmo a agravar as inundações a jusante), através de um estudo da bacia hidrográfica como um todo; no que diz respeito às normas e aos critérios de projeto adotados, deve-se

considerar a bacia homogênea, através do estabelecimento de período de retorno uniforme. O plano diretor deve possibilitar a identificação das áreas a serem preservadas, bem como a identificação daquelas que em tempo útil possam vir a ser compradas ou alienadas pelo poder público como áreas preservação antes de virem a ser ocupadas, loteadas ou que a especulação fundiária torne a aquisição proibitiva.

É também fundamental o conhecimento da área de inundação e quais os fatores que a condicionam de modo a que seja possível, a nível espacial, implantar as medidas necessárias de forma a mitigar o problema e que sejam tecnicamente corretas e de acordo com os recursos disponíveis. O plano de drenagem deve ser articulado com as outras atividades urbanas (abastecimento de água e de esgoto, transporte público, planos viários, instalações eléctricas, etc.) de forma a possibilitar o desenvolvimento da cidade de um modo o mais harmonizado possível.

Do plano deve também constar à elaboração de campanhas educativas que visem informar a população sobre a natureza e a origem dos problemas das cheias, a sua magnitude e consequências. É de extrema importância o esclarecimento da comunidade sobre as formas de solução existentes e os motivos da escolha das soluções propostas. A solicitação de recursos deve ser respaldada técnica e politicamente, dando sempre preferência à adoção de medidas preventivas de maior alcance social e menor custo.

Assim, o processo de planeamento de uma bacia urbana, condicionante importante na implementação da rede de drenagem pluvial, engloba seis etapas: *i)* determinação das características da bacia hidrográfica; *ii)* simulação do comportamento hidrológico da bacia para condições atuais e futuras; *iii)* identificação das possíveis medidas estruturais e não estruturais; *iv)* elaboração de cenários que quantifiquem os resultados de diferentes políticas de atuação; *v)* delimitação da área susceptíveis a inundações; *vi)* quantificação dos efeitos da aplicação do plano em termos de custos, benefícios e eficiência da consecução dos seus objetivos.

Um plano diretor de drenagem urbana deve ser elaborado por equipas técnicas competentes, que dominem as ferramentas tecnológicas adequadas a cada caso.

Do mesmo modo, é essencial a interação com os políticos tomadores decisão, comunidade científica e da população em geral, uma vez que é um documento político importante, para a comunidade local e/ou regional.

Entre as estratégias que podem ser utilizadas para lhe conferir importância política, poder-se-á atribuir força de lei ao plano diretor de drenagem urbana, constituir fundos financeiros para garantir a estabilidade do fluxo de recursos e obter apoio da sociedade por meio de campanhas de comunicação sociais bem conduzidas. Não se deve esquecer que o subsistema de drenagem não é isolado dos diversos subsistemas que constituem a organização das atividades urbanas, fazendo parte de uma rede complexa, devendo, portanto, ser articulado com os outros subsistemas, possibilitando a melhoria do ambiente urbano de forma ampla e harmoniosa. A ocupação das áreas de inundação, de armazenamento e escoamento cuja forma foi delineada naturalmente pelo curso de água, apenas deve ocorrer após a adoção de medidas compensatórias, que são, geralmente, onerosas. A solução mais racional é a preservação das áreas, não apenas visando problemas de inundação, como também no que diz respeito à preservação do ecossistema e à criação de oportunidades de recreação.

Quando as águas pluviais atingem o solo, ocorrerá escoamento, infiltração ou armazenamento na superfície, independentemente da existência, ou não, de um sistema de drenagem adequado. Se o armazenamento natural for eliminado pela implantação de uma rede de drenagem sem a adoção de medidas compensatórias eficientes, o volume eliminado acabará por ser conduzido para outro local. Por outras palavras, os canais, as galerias, os desvios e as reversões deslocam a necessidade de espaço para outros locais, ou seja, transportam o problema para jusante.

Estas observações são princípios essenciais à elaboração do plano diretor de drenagem urbana, e constituem a base fundamental sobre a qual devem ser orientadas todas as fases do processo desde o seu planejamento, execução, funcionamento e manutenção.

Tentamos com este trabalho contribuir para o conhecimento das inundações urbanas no Estado de Minas Gerais no Brasil ao mesmo tempo que, apontamos algumas soluções que tem como objetivo a sua prevenção já que, como Tucci

(1995) afirma as “*enchentes urbanas são um problema crônico no Brasil, devido principalmente à gerência inadequada do planejamento de drenagem e à filosofia errônea dos projetos de engenharia*”.

Torna-se evidente que a gestão deficiente das inundações urbanas no Brasil resulta da falta de mecanismos legais e administrativos que possibilitem um planejamento adequado das cidades de modo a minimizar (controlar) as enchentes urbanas que se relacionam em grande medida com a urbanização extremamente rápida e, quantas vezes, descontrolada. Existe a ideia errada e preconcebida de que a boa drenagem é aquela que permite um escoamento rápido da água da chuva (Tucci, 1997). Contrariamente a esta ideia entendemos que aquela que melhor funciona é a que drena o escoamento do fluxo hídrico urbano sem produzir impactos nem no interior da cidade nem a jusante, para onde é canalizado. As implicações desses erros têm tido consequências extremamente onerosas para a sociedade como um todo que urge resolver urgentemente por razões diversas, das quais salientamos: ambientais, económicas, sociais.

Referências bibliográficas

- Abreu, M. R. P. (coord.) (1983). *Contribuição para o estudo da drenagem de águas pluviais em zonas urbanas*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil; Vol. I; Lisboa.
- AGÊNCIA MINAS GERAIS (2012) Anastasia discute com equipe situação dos 108 municípios afetados pelas chuvas em Minas. Disponível em: <http://www.agenciaminas.noticiasantigas.mg.gov.br/governador/galerias/anastasia-discute-com-equipe-situacao-dos-108-municipios-afetados-pelas-chuvas-em-minas-3/>. Acesso: Julho 2013.
- Berne, A; Delrieu, G; Creutin, J; Obled, C. (2004). Temporal and spatial resolution of rainfall measurements required for urban hydrology. *Journal of Hydrology* 299 p.166–179. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/jhydrol>.
- Cajazeiro, J. M. D. (2012). *Análise da susceptibilidade à formação de inundações nas bacias e áreas de contribuição do ribeirão Arrudas e córrego da Onça em termos de índices morfométricos e impermeabilização* (Dissertação de mestrado em Geografia). UFMG, Belo Horizonte. 101 p.
- Cheng, S. Wang; (2002). An approach for evaluating the hydrological effects of urbanization and its application. *Journal of Hydrology*, n.º 18, pp.597–602. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/jhydrol>.
- Costa, F. S. (2009). Flood risk in the town of Amarante (Northern Portugal): a methodological contribution to its study. *Territorium n.º 16*, Magazine of Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, Coimbra, p. 99-111.

- DEFESA CIVIL DE MINAS GERAIS (2013). Defesa Civil Estadual participa de debate contra enchente na ALMG. Disponível em: <http://www.defesacivil.mg.gov.br/index.php/banco-noticias/225-almg>. Acesso: Julho de 2013.
- Filho, A. G. A., Szélia, M. R., Enomoto, C. F. (2000). Estudo de medidas não-estruturais para controle de inundações urbanas. *Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias*, 6 (1). p. 69-90.
- Foster, S. S. D. (1990). Impacts of Urbanization on Groundwater. in: Duisberg Symposium, 1988. *Hydrological Processes and Water Management in Urban Areas*. IAHS. p. 187-207 International Association of Hydrological Sciences Publication 1988).
- G1.com^a. Minas Gerais tem 10 mil desabrigados e cinco mortos por causa das chuvas. Disponível em: <http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2012/01/minas-gerais-tem-10-mil-desabrigados-e-cinco-mortos-por-causa-das-chuvas.html>. Acesso: Julho 2013.
- G1.com^b. Disponível em: Prefeitura realiza obras para prevenção de enchentes em BH. <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2011/12/prefeitura-realiza-obras-para-prevencao-de-enchentes-em-bh.html>. Acesso: Julho 2013.
- G1.com^c. Cidade afetadas por inundações recebem especialistas. Disponível em: <http://g1.globo.com/brasil/noticia/2012/01/cidades-afetadas-por-inundacoes-recebem-especialistas.html>. Acesso: Julho 2013.
- Gladwell, J. S., Sim, L. K. (1993). Tropical Cities: managing their water. *IHP Humid tropics Programme Series no. 4*, IHP-UNESCO.
- Gomes, S. A. L., Costa, F. S. (2004). As cheias urbanas em Amarante-o caso da cheia do rio Tâmega em 2001. *Actas do 7º Congresso da Água*.
- Ide, C., (1984). *Qualidade da drenagem pluvial urbana* (Tese de Mestrado). Porto Alegre:UFRGS- Curso de Pós-Graduação em recursos Hídricos e Saneamento , p-13
- Machado, C. A. (2012). *Gênese e morfologia de depósitos tecnogênicos na área urbana de Araguaína* (Tese de Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia.
- Moura, T. A. M. (2005). *Estudo Experimental de Superfícies Permeáveis para o Controle do Escoamento Superficial em Ambientes Urbanos* (Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 117p.
- Nardin, C. F., Pedrosa, A. S. (2013). As cheias urbanas em Uberlândia: uma relação entre o planejamento urbano e as características da precipitação. *Anais XV Simpósio de Geografia Física Aplicada. Uso e Ocupação da Terra e as Mudanças das Paisagens*. Vitória: CCHN. UFES. v.1. p. 497 – 507.
- Parker, D. J. (2000). *Floods*. 2.º volume, London, Routledge.
- Pedrosa, A. S (coord) (2007). *Littorisk, Heritage and Prevention of Natural Hazards: Coastal Diffuse Habitats*. Porto, v.1. 220.p.
- Pedrosa, A. S. (2012). O geógrafo como técnico fundamental no processo de gestão dos riscos naturais. *Boletim Goiano de Geografia*, v.32, p11-30.
- Pedrosa, A. S., Costa, F. S. (1999). As cheias do rio Tâmega. O caso da área urbana de Amarante. *Territorium*, v.6, p.49 - 60.
- Pedrosa, A. S., Faria, R. (2005). Aplicação SIG na elaboração de cartografia temática de base para a Bacia Hidrográfica do Rio Uíma – Santa Maria da Feira. *XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005, São Paulo. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada* (2005). São Paulo: Universidade de São Paulo, v.9. p.1 – 13.
- Pedrosa, A. S., Pereira, A. (2006). Diagnóstico dos factores condicionantes da susceptibilidade face ao risco de inundação no concelho de Matosinhos. *Territorium* , v.13, p.35 – 51. Disponível em: http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T13_artg/T13art04.pdf.

- Pedrosa, A. S., Pereira, A. (2012). Povoamento disperso e centralidades médias da bacia terminal do Lima: Um desafio para o ordenamento do território e para a gestão dos riscos In: *VIII Jornadas de Geografia e Planeamento: Cidades, criatividade(s) e sustentabilidade(s)*, 2012, Guimarães. Cidades, criatividade(s) e sustentabilidade(s), actas das VIII Jornadas de Geografia e Planeamento. Guimarães: Universidade do Minho. v.1. p.211 - 223
- Pegado, R. S., Blanco, C. J. C., Roehrig, J., Carocha, C., Costa, F.S., Tostes, W.S. (2012). The importance of physical indicators in áreas of urban floods: the case of the metropolitan region of Belém. *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS*, Vol: 12, nº 02, p.42-48.
- Pereira, A. (2005). *O Risco de Inundação Urbana no concelho de Matosinhos: Contributo para a avaliação da susceptibilidade e para o diagnóstico dos factores condicionantes* (Trabalho de estágio). Apresentado á câmara Municipal de Matosinhos, FLUP, Porto, 218p.
- Pereira, A., Pedrosa, A. S. (2009). The diffuse urban growth in the valley of river Sousa: assessing the risks placed by the recent landscape changes In: European landscapes in Transformation: Challenges for Landscape Ecology and Management, 2009, Salzburg. *European landscapes in Transformation: Challenges for Landscape Ecology and Management*. Salzburg: Eds: J. Breusre, M. Kozová, M. Finka, v.1. p.85 - 98.
- Pereira, K. K. G., Pedrosa, A. S., Zuza, M. L. (2012). Evolução da ocupação do solo e suas implicações na bacia hidrográfica de Lagoinha (Uberlândia-MG). *IX SINAGEO - 9º Simpósio Nacional de Geomorfologia [CD-Rom]*. Rio de Janeiro: UFRJ.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. Regiões afetadas pela chuva receberão atenção especial nesta quinta-feira. Disponível em: <http://www.uberlandia.mg.gov.br/?pagina=agenciaNoticia&id=3272>. Acesso: Julho 2013.
- Rebello, F. (1997). Risco e crise nas inundações rápidas em espaço urbano. Alguns exemplos portugueses analisados a diferentes escalas. *Territorium*, Revista de Geografia Física Aplicada no Ordenamento do Território e Gestão de Riscos Naturais; Minerva; Coimbra.
- Rebello, F. (2003). *Riscos Naturais e Acção Antrópica. Estudos e Reflexões*. Coimbra, Imprensa da Universidade, 2ª edição, 286 p.
- Santis, D. G. D., Mendonça, F. A. (2000). Impactos de inundações em áreas urbanas: o caso de Francisco Beltrão/PR. *RAE GA - O espaço geográfico em análise*, vol. 4, 2000. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufrpr.br/ojs2/index.php/raega/issue/view/355>. Extraído em abril de.2013.
- Santos, K. R. (2012). Inundações urbanas: um passeio pela literatura. *Élisée-Revista de Geografia da UEG*. p. 177-190.
- Smith, K. (2000). *Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster*, 3.ª edição, London: Routledge, 392 p.
- Telles, V. (2002). Quando os rios galgam as margens. Um breve retrato das cheias de 5 de Janeiro de 2001 nos concelhos de Braga e Guimarães. *Territorium*, nº 9, p 75-88. Disponível em: http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T09_arg/T09_arg05.pdf.
- Tucci, C. E. M. (1995). Inundações urbanas. In: Tucci, C. E. M., Porto, R. L. L., Barros, M. T. (Org.) *Drenagem urbana. 1.ed. Porto Alegre*. ABRH/Editora da Universidade/UFRS, cap.1, p.15-36. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.5)
- Tucci, C. E. M. (1997). Controle de enchentes. In: Tucci, C. E. M. (Org.) *Hidrologia: Ciência e Aplicação. 2.ed. Porto Alegre*. Editora da Universidade: ABRH, 1997. cap.16, p.621-658. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.4).
- Tucci, C. E. M. (1999). Drenagem Urbana e Controle de Inundações. In: Campos, Heraldo & Chassot, Attico (Org). *Ciências da Terra e meio ambiente*. São Leopoldo: Ed. Unisinos.
- Tucci, C. (2004). Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. *REGA*. Vol 1, no. 1, p. 59-73, jan. / Jun. 2004.

- Tucci, C. E. M e Berton, J. C. Urbanización. In: Tucci, C.E.M e Berton, J.C. (Org). (2003). *Inundações Urbanas na América do Sul. Porto Alegre*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- Velhas, E. (1999). A bacia hidrográfica do rio Leça - estudo hidroclimatológico, *Revista da Faculdade de Letras - Geografia*, I série, Vol. VII, Porto, pp. 139-251.
- Velhas, E. M; Santos, F. (1997). As cheias na área urbana do Porto, percepção e ajustamentos, *Territorium*, n.º 4. p. 49-62. Disponível em:
http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T04_artg/T04_Artg05.pdf.
- Villanueva, A. O. N., Tucci, C. E. M., (2001). *Simulação de alternativas de controlo para Planos Directores de drenagem urbana*. Porto Alegre, Editora ABRH.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T. and Davis, I (2004). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*, 2.ª edição, Londres: Routledge, 2004.