



O PAPEL DA DRENAGEM URBANA NA PREVENÇÃO DE DESASTRES HIDROLÓGICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAÍ AÇU

The Role of Urban Drainage in Hydrological Disasters Prevention in the Watershed Itajaí Açu River

**Fabiane Andressa Tasca¹, Alexandra Rodrigues Finotti¹,
César Augusto Pompêo¹ & Roberto Fabris Goerl²**

¹Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental

Rua Delfino Conti, s/n, Centro Tecnológico, Trindade, Florianópolis - Santa Catarina - Brasil
fabitasca@gmail.com, {alexandra.finotti, cesar.pompeo}@ufsc.br

²Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Campus de Curitibanos

Rod. Ulysses Gaboardi, Km 3, Curitibanos – Santa Catarina – Brasil.
roberto.f.goerl@ufsc.br

Recebido em 6 de Outubro, 2015/ Aceito em 28 de Outubro, 2016

Received on October 6, 2015/ Accepted on October 28, 2016

RESUMO

As inundações são fenômenos naturais que tem sido intensificados pela urbanização e gestão sem planejamento. A bacia hidrográfica do rio Itajaí Açu é a mais afetada por estes tipos de desastres no Estado de Santa Catarina. A pesquisa analisou o tratamento da gestão municipal na área de drenagem urbana em 28 municípios da bacia, infraestrutura responsável na prevenção de inundações. Muitas cidades possuem inundações e alagamentos anuais resultantes da ocupação das planícies de inundação e de projetos mal elaborados. A erosão, assoreamento, ausência de limpeza, de manutenção e de fiscalização são problemas recorrentes na maioria dos municípios, o que prejudica o funcionamento dos sistemas de drenagem. Os responsáveis por estes sistemas não possuem conhecimento técnico na área e a drenagem é, na maioria dos municípios, vinculada ao setor de obras das prefeituras. Isto caracteriza a drenagem urbana como uma atividade estrutural, e não de planejamento (prevenção de desastres). É necessária uma maior atenção à gestão da drenagem urbana no nível municipal.

Palavras chave: Urbanização, Gestão Municipal, Manejo de Águas Pluviais, Planejamento.

ABSTRACT

Floods are natural events which has been intensified by urbanization and management without planning. The Itajaí Açu watershed is the most affected by these types of disasters in the Santa Catarina State. The research analyzed the municipal management actions about urban drainage in 28 cities of Itajaí Açu watershed, infrastructure responsible for floods prevention. Many cities have annual floods and overflows due the occupation of floodplains and poorly designed stormwater projects. Erosion, silting, absence of cleaning, maintenance and inspection are recurring problems in the most municipalities, which affect the operation of drainage systems. Officials responsible for these systems don't have expertise of knowledge about stormwater. Urban drainage the responsibility of the construction sector in the most

of the municipalities. This features the urban drainage as a structural activity, and not planning (disaster prevention). More attention to the management of urban drainage at the municipal level is required.

Keywords: Urbanization, Municipal Management, Stormwater Management, Planning.

1. INTRODUÇÃO

A população brasileira ultrapassou os 190 milhões de habitantes, conforme publicado no último censo demográfico. Destes, 160 milhões (84,4%) residem na área urbana (IBGE, 2011), compartilhando a infraestrutura urbana e gerando pressão e sobrecarga no ambiente ocupado. Os principais impactos decorrem das alterações no uso do solo, gerando alterações significativas sobre o ciclo hidrológico (FONTES & BARBASSA, 2003; SHUSTER *et al.*, 2005).

Como consequências deste processo, tem-se o aumento expressivo das superfícies impermeáveis, as quais reduzem a infiltração da precipitação e aceleram o escoamento, diminuem a recarga dos lençóis freáticos e modificam as funções ecossistêmicas que mantém a integridade das comunidades terrestres e biológicas (ARNOLD & GIBBONS, 1996, SMAKHTIN, 2001). A combinação destes efeitos sobre os componentes hidrológicos acarreta em sobrecarga nos sistemas de drenagem que, ao não desempenharem sua função de modo eficiente, podem resultar em inundações, enxurradas e alagamentos na área urbana.

Estes fenômenos naturais, *per se*, não causam prejuízos; pois fazem parte da dinâmica natural terrestre. Contudo, ao entrar em contato com a sociedade, podem transformar-se em desastres naturais, causando danos. O histórico constante de desastres hidrológicos no Brasil acompanha um histórico de baixos investimentos e falta de planejamento da drenagem urbana, infraestrutura responsável pelo manejo das águas pluviais e por minimizar os riscos relacionados às enchentes (TUCCI & MELLER, 2007). A questão da drenagem urbana é geralmente abordada imediatamente após eventos catastróficos, fato que não tem se traduzido em ações que tragam efeitos de longo prazo nesta área.

Neste cenário inclui-se o Estado de Santa Catarina, que é frequentemente afetado por desastres naturais. O Estado possui apenas o 20º maior território da nação, mas concentra a 11ª maior população e é o 3º Estado brasileiro em que mais são registrados desastres naturais,

precedido apenas do Rio Grande do Sul e Minas Gerais. Dos dez municípios mais afetados no Brasil, oito são catarinenses. Dos cinco mil desastres registrados no Estado no período de 1991-2012, 44% (2.182) referem-se às inundações, enxurradas e alagamentos, os quais afetaram aproximadamente 6,7 milhões de pessoas (BRASIL, 2013).

Em Santa Catarina, a bacia hidrográfica do rio Itajaí Açu destaca-se pelos recorrentes desastres hidrológicos, com 480 registros em um período de 21 anos (1990-2011) e prejuízos socioeconômicos estimados em bilhões de reais. A região sofre com as enchentes desde 1852 (TACHINI, 2010) e, apesar de serem eventos previsíveis; continuam a causar desastres e prejuízos à população.

Neste artigo são apresentados os resultados de uma pesquisa acadêmica sobre a gestão da drenagem urbana e sua relação com os desastres na região de estudo, a bacia do Rio Itajaí-Açu, umas das mais atingidas por desastres hidrológicos no Brasil.

2. DESASTRES NATURAIS

Os desastres naturais são definidos como um sério distúrbio na funcionalidade de uma comunidade ou sociedade, com consequentes impactos e perdas humanas, econômicas e ambientais generalizadas (UNISDR, 2009). São eventos destrutivos que impactam comunidades ou áreas vulneráveis, ocasionando uma ruptura temporária nos sistemas vitais (RUTHERFORD & BOER, 1983; BENSON & CLAY, 2003, ECLAC, 2003).

As inundações, escorregamentos, furacões e secas, por exemplo, são fenômenos naturais, mas quando estes eventos ocorrem em locais com a presença do homem resultando, a partir desta interação, em prejuízos e danos, são considerados desastres naturais. Existe ainda uma tendência em considerar que, na sua grande maioria, os desastres que vêm sendo rotulados como naturais, são, na realidade, mistos (CASTRO, 2002). Esta interpretação fundamenta-se na própria definição de desastre, que resulta da ação de eventos adversos sobre

cenários vulneráveis. Desta forma, os desastres naturais/mistos são determinados a partir da relação entre a sociedade e natureza.

O *Emergency Disaster Data Base* (EM-DAT) do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED) classifica os tipos de desastres em dois grandes grupos: os naturais e os tecnológicos (SCHEUREN *et al.*, 2008 *apud* GOERL & KOBAYAMA, 2013). Os naturais são subdivididos em seis grupos: biológicos, geofísicos, climatológicos, hidrológicos, meteorológicos e extraterrenos (meteoritos). Esta divisão é semelhante à adotada no Brasil, a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), desenvolvida em 2012 pela Defesa Civil Nacional (BRASIL, 2015), conforme se observa no Quadro 1.

Quadro 1: Classificação dos desastres naturais

	EM-DAT	COBRADE
1	Biológicos <i>Epidemias e Pragas</i>	Biológicos <i>Epidemias; Infestações/Pragas</i>
2	Hidrológicos <i>Inundações, Mov. Massa úmidos</i>	Hidrológicos <i>Inundações, Enxurradas, Alagamentos.</i>
3	Meteorológicos <i>Tempestades</i>	Meteorológicos <i>Sistemas de grande escala/ regional, Temperaturas extremas, Tempestades.</i>
4	Climatológicos <i>Tempestades Extremas, Estiagem, Incêndios.</i>	Climatológicos <i>Seca</i>
5	Geofísicos <i>Terremoto, Vulcanismo, Mov. Massa secos</i>	Geológico <i>Terremoto, Emissão vulcânica, Mov. de massa, Erosão.</i>
6	Extraterrenos <i>Meteorito.</i>	--

Nas últimas duas décadas, em média, mais de 200 milhões de pessoas foram afetadas a cada ano por desastres (ISDR, 2007). No Brasil, foram

registrados 39 mil desastres em um período de 22 anos (1991 a 2012), com aproximadamente 127 milhões de indivíduos afetados. As Regiões Nordeste e Sul são as mais atingidas, concentrando 73% de todos os desastres (BRASIL, 2013).

Na última década, a ocorrência de registros de desastres tem aumentado consideravelmente (Figura 1), acompanhando o crescimento populacional e os impactos inerentes à urbanização. Isto não significa necessariamente que houve uma elevação da frequência dos fenômenos naturais, pois é conhecida a fragilidade institucional das Defesas Civas municipais, o que prejudicou, ao longo dos anos, a manutenção e integridade dos acervos históricos de desastres.

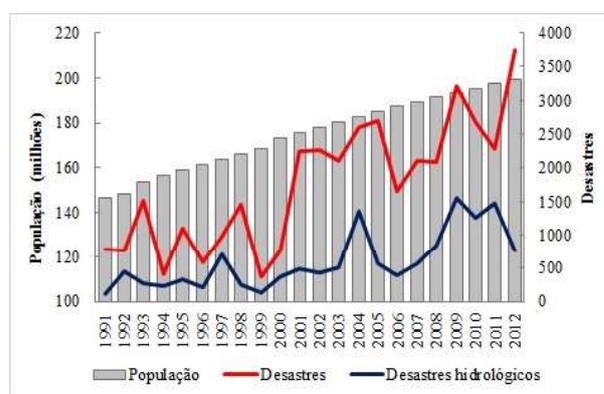


Fig. 1 – Crescimento populacional e dos registros de desastres no Brasil. Fonte de dados: Compilados a partir de IBGE (2004), IBGE (2013) e BRASIL (2013).

Contudo, mesmo os bancos de dados internacionais de desastres têm demonstrado o aumento do número de eventos extremos. Dessa maneira, a tendência brasileira tem acompanhado a internacional, o que pode estar associada a uma conjuntura de fatores, tais como a melhoria do registro, a acessibilidade aos dados, o crescimento populacional e a ocupação de áreas naturalmente suscetíveis a fenômenos naturais (ex: planície de inundação).

2.1 Desastres Hidrológicos

Os desastres naturais que mais são registrados no Brasil, de acordo com ISDR (2005), são os tipos hidrológicos, que são subclassificados como inundações, enxurradas e alagamentos. Foram mais de 13 mil desastres hidrológicos registrados no período de 1991 a 2012 (BRASIL, 2013).

As inundações, outrora denominadas como enchentes ou inundações graduais, ocorrem com a elevação do nível dos rios de forma progressiva e previsível, gerando transbordamento sobre as áreas próximas (KOBAYAMA *et al.*, 2006). As inundações são cíclicas e nitidamente sazonais, relacionadas com períodos demorados de chuvas contínuas. Apresentam grande abrangência e extensão, já que são características das grandes bacias hidrográficas e de rios de planícies, como o Amazonas (CASTRO, 2003).

Tavares e Silva (2008) frisam que, em condições naturais, as planícies e fundos de vales estreitos apresentam lento escoamento superficial das águas das chuvas, e nas áreas urbanas estes fenômenos são agravados por alterações antrópicas, como a impermeabilização do solo, retificação e assoreamento de cursos d'água.

Já as enxurradas, anteriormente tituladas como inundações bruscas pela classificação brasileira de desastres, são provocadas por chuvas intensas e concentradas, geralmente em regiões de relevo acidentado. Caracterizam-se por produzirem súbitas e violentas elevações do nível do rio, os quais escoam-se de forma rápida e intensa (CASTRO, 2003). Por causa da intensa urbanização ocorrida nas últimas décadas, as enxurradas também estão associadas às inundações de áreas planas (KRON, 2002).

As enxurradas, por se desenvolverem de forma brusca, geralmente atingem inesperadamente as áreas suscetíveis, e são responsáveis pela maior parte (58,15%) das mortes ocorridas por desastres no Brasil (BRASIL, 2013). De um modo geral as enxurradas provocam danos materiais e humanos mais intensos do que as inundações.

Por sua vez, os alagamentos são definidos como o acúmulo de águas no leito das ruas e nos perímetros urbanos causados pela extrapolação da capacidade de escoamento pluvial dos sistemas de drenagem urbana (BRASIL, 2015). Caracterizam-se por acumulações rasas de lâminas de água que raramente penetram no interior das edificações.

De modo geral, os alagamentos ocorrem em cidades com sistemas de drenagem deficientes, mal planejadas ou que cresceram excessivamente em um curto período, dificultando a realização de obras de drenagem e de esgotamento de águas pluviais (CASTRO, 2003; BRASIL, 2007a). É comum

a combinação dos dois fenômenos - enxurrada e alagamento - em áreas urbanas acidentadas, como ocorre no Rio de Janeiro, Belo Horizonte e em cidades serranas. (CASTRO, 2003).

Por causar transtornos à circulação de pedestres e veículos, os alagamentos podem prejudicar o funcionamento de empresas e indústrias localizadas na área afetada. Na cidade de São Paulo, por exemplo, Haddad e Teixeira (2014) estimaram o prejuízo anual com os alagamentos em R\$ 762 milhões por ano.

3. DRENAGEM URBANA APLICADA A OS DESASTRES HIDROLÓGICOS

A drenagem urbana e o manejo das águas pluviais urbanas, conforme a Lei nº 11.445/07 (BRASIL, 2007b), que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, são definidas como o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas. São consideradas componentes do saneamento básico, juntamente com as atividades relacionados ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

No Brasil, a oferta de água tratada e tratamento do esgoto sempre receberam maior atenção, já que, historicamente, estes itens foram colocados como prioritários para a sobrevivência e saúde da população. Este fato acabou por conferir aos demais componentes do saneamento um destaque secundário, com menos investimentos e atenção (Figura 2).

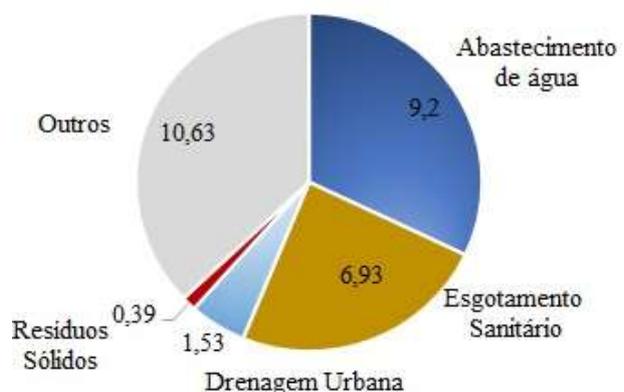


Fig. 2 – Valores desembolsados (em bilhões) com o saneamento no período 2003 a 2010. Fonte: Adaptado de Brasil (2011).

Os dados apresentados são de 2003 a 2010 e, a partir de 2010, o componente resíduos sólidos passa a receber maior atenção devido à promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10). Em geral, as ações em drenagem e controle de cheias em áreas urbanas são emergenciais, esporádicas e quase sempre definidas após a ocorrência de desastres (POMPÊO, 2000).

A organização do Sistema Nacional de Informação em Saneamento (SNIS) ainda não apresenta componente para coleta de informação para drenagem urbana; e o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB, 2013) é deficitário no diagnóstico e nas diretrizes para o setor de drenagem urbana, sendo elementos que ilustram este cenário.

Conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), de 2008 (IBGE, 2010), 94,5% das prefeituras brasileiras afirmam que realizam o manejo das águas pluviais, mas apenas 12,7% possuem dispositivos de retenção e amortecimento de vazão das águas urbanas. Estes dispositivos são essenciais para a eficiência dos sistemas de drenagem em prevenir desastres por inundações, pois atenuam a energia das águas e o carregamento de sedimentos para os corpos receptores dos efluentes da drenagem pluvial (IBGE, 2010).

A PNSB também apresenta que um em cada três municípios brasileiros necessitam de drenagem especial devido às áreas de risco nas áreas urbanas (Tabela 1). Destes, apenas 14,6% utilizam instrumentos de planejamento e prevenção de desastres (informações pluviométricas ou meteorológicas, fluviométricas ou hidrológicas, de monitoramento dos cursos d'água) (IBGE, 2010).

Observa-se que as áreas urbanas sem infraestrutura de drenagem ocorrem em 62,6% das cidades, o que contribui na ocorrência de alagamentos. Nota-se também que 56,8% das cidades possuem área de risco em planícies de inundação dos rios, que são naturalmente inundáveis (IBGE, 2010).

As ocupações urbanas em planícies, segundo Righetto *et al.* (2009), causam o confinamento dos rios, aterramento e erosão das margens, desmatamento e redução da calha secundária dos rios, fatores que contribuem para a redução da capacidade de resposta dos sistemas de drenagem

perante as inundações. Como fatores agravantes dessa problemática, os gestores dos municípios citam a obstrução de bueiros/bocas de lobo (45,1%), a ocupação intensa e desordenada do solo (43,1%), as obras inadequadas de drenagem urbana (31,7%), o dimensionamento inadequado de projetos (30,7%) e o lançamento inadequado de resíduos sólidos (30,7%), conforme a PNSB.

Tabela 1: % de municípios que possuem área de risco na área urbana que demandam drenagem especial

Tipo de área de risco	Municípios (quantidade)
Áreas sem infraestrutura de drenagem	62,6%
Áreas de baixios sujeitas a inundações e/ou proliferação de vetores	56,8 %
Áreas em taludes e encostas sujeitas a deslizamentos	42,0%
Áreas urbanas com formações de grotões, ravinas e processos erosivos crônicos	19,7%
Outras	5,3%

Apesar das leis existentes, a população invade terrenos “non edificandi” e ali permanece. Esta questão apresenta uma vertente que não é apenas legal ou institucional, mas social e política, em que os fatores sociais agravam os problemas das inundações em muitas bacias urbanas (MATTEDI, 2001). Observa-se, assim, que a gestão da drenagem envolve, além da gestão integrada do saneamento ambiental, a gestão do espaço urbano e dos recursos hídricos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta pesquisa foram realizadas entrevistas semiestruturadas em municípios da bacia hidrográfica do rio Itajaí Açu com vistas a avaliar a gestão da drenagem urbana e possíveis relações na indução de desastres hidrológicos. A área de estudo e a metodologia são descritas na sequência.

4.1 Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu possui 15.500 km² de área e está localizada no

Estado de Santa Catarina, na Região Sul do Brasil. Abrange totalmente 47 municípios, cuja maioria (79%) é de pequeno porte (até 20 mil habitantes).

A região do Vale do Itajaí destaca-se com o maior Produto Interno Bruto (PIB) estadual, reforçando a grande importância desta bacia no cenário econômico-social catarinense. Em contraponto, também é a região mais afetada por inundações no Estado. Dos sessenta municípios mais atingidos por desastres (de todos os tipos) no país, cinco localizam-se na bacia: Blumenau, Ilhota, Papanduva, Rio do Campo e Taió (BRASIL, 2015).

Para a presente pesquisa foram selecionados 28 municípios (Figura 3), os quais representam 60% das cidades localizadas na bacia (Tabela 2). Estas cidades reúnem mais da metade do território (54%) e concentram 974 mil habitantes (80% da população). Assim, considera-se que a bacia está espacialmente bem representada.

Tabela 2: Síntese das características dos municípios investigados na bacia hidrográfica do rio Itajaí Açu

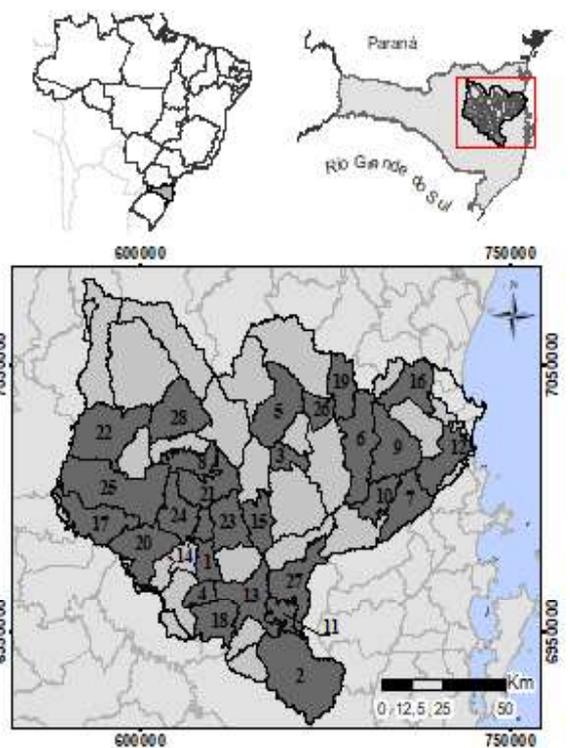
População (hab)		Área total	Desastres hidrológicos
Total	Urbana	km ²	(1991-2012)
974.135	843.769	8.342	301

Os municípios selecionados agrupam 63% de todos os registros de desastres hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Itajaí Açu (Figura 4).

Os municípios mais atingidos são Blumenau e Rio do Sul, com 27 e 21 desastres hidrológicos registrados, respectivamente, no período analisado (1991-2012).

A cidade de Blumenau desenvolveu-se sobre uma planície de inundação a qual, associada às baixas altitudes, favorece a ocorrência frequente de inundações.

Além disso, possui a maior população da bacia, o que propicia a formação dos desastres. Já Rio do Sul situa-se na confluência dos rios Itajaí do Sul e Itajaí do Oeste, e desenvolveu-se também em uma planície de inundação (Figura 5). Desta forma, as características físicas da bacia aliadas às características sociais contribuem para a recorrência dos desastres.



1 Agronômica	11 Imbuia	21 Presidente Getúlio
2 Alfredo Wagner	12 Itajaí	22 Rio do Campo
3 Ascurra	13 Itaporanga	23 Rio do Sul
4 Atalanta	14 Laurentino	24 Rio do Oeste
5 Benedito Novo	15 Lontras	25 Taió
6 Blumenau	16 Luis Alves	26 Timbó
7 Brusque	17 Mirim Doce	27 Vidal Ramos
8 Dona Emma	18 Petrolândia	28 Vitor Meireles
9 Gaspar	19 Pomerode	
10 Guabiruba	20 Pouso Redondo	

Fig. 3 - Localização da bacia hidrográfica do rio Itajaí Açu e dos municípios investigados.

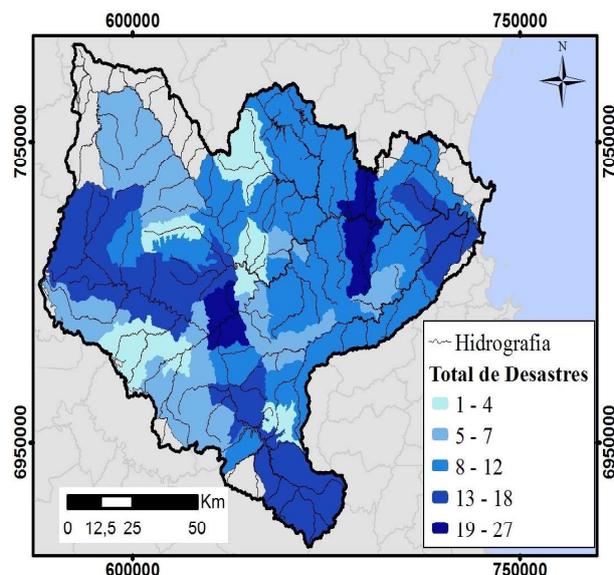


Fig. 4 – Registros dos desastres de inundação na bacia hidrográfica do rio Itajaí Açu. Fonte dos dados: Brasil (2012).

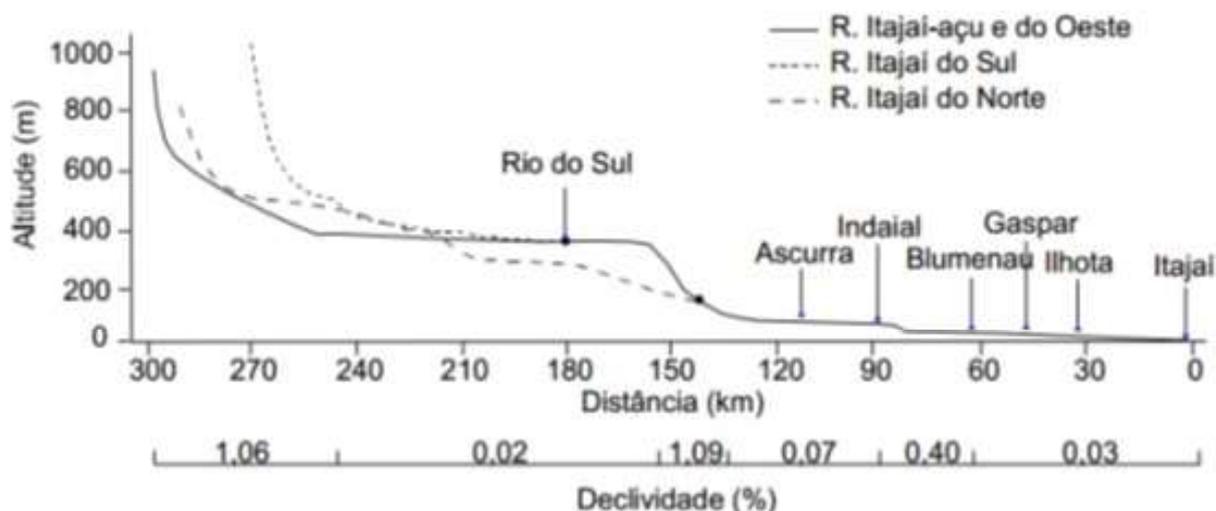


Fig. 5 – Perfil longitudinal dos principais rios do Vale do Itajaí. Fonte: Schettini (2002).

4.2 Metodologia

Para avaliação do processo de gestão da drenagem urbana junto aos municípios, e as possíveis relações na indução de desastres, realizou-se uma pesquisa acadêmica junto aos municípios da área de estudo. Para tanto, foi empregado um questionário semiestruturado direcionado aos gestores municipais responsáveis pelo setor da drenagem. O questionário baseia-se em pesquisa voltada ao gerenciamento municipal da drenagem urbana (Pompêo *et al.*; 1998), acrescentando também outros temas relacionados ao saneamento ambiental, fenômenos de inundações, alagamentos, erosão e assoreamento (Quadro 2).

Posteriormente as respostas foram registradas e analisadas com auxílio de planilhas eletrônicas, e as análises espaciais dos resultados com programas de geoprocessamento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os elementos da gestão da drenagem urbana são todos analisados a seguir na perspectiva de seu impacto na ocorrência de desastres. O Quadro 3 apresenta uma síntese dos resultados da pesquisa.

5.1 Saneamento Ambiental

Dos 28 municípios pesquisados, metade possui Planos de Saneamentos Básico, enquanto os demais declararam que o mesmo se encontrava em elaboração ou não possuíam. Este instrumento

define como serão feitas as ações de saneamento em cada município, bem como estima o tempo e verba necessária para colocar essas ações em prática. Mesmo com várias prorrogações ao prazo inicial estabelecido em 2013, nem todos os municípios dispõem do referido plano. A existência de um bom plano de saneamento, que considere adequadamente a drenagem urbana, é um fator que age positivamente na prevenção de desastres hidrológicos porque diagnostica problemas no sistema e organiza a sua manutenção.

Quadro 2: Elaboração do questionário

Tema	Conteúdo específico
Saneamento Ambiental	Existência de Plano Municipal de Saneamento; Fiscalização de ligações clandestinas de esgotamento sanitário na rede de drenagem e de ações integradas intermunicipais.
Inundações, Alagamentos, Erosão e Assoreamento	Frequência e Causas.
Gestão da Drenagem Urbana	Existência de redes de drenagem; Tipos de intervenções realizadas em cursos d'água; Responsáveis pelo setor, Frequência de manutenção e de ruptura, de tubulações; Deficiências observadas

Quadro 3: Síntese dos resultados das pesquisas e a influência destes na ocorrência de desastres hidrológicos

Questão	Consequência	Contribuição na ocorrência de desastres hidrológicos
Ausência de plano diretor de saneamento	Falta de estrutura organizada do saneamento e da drenagem urbana.	Interferência dos outros componentes do saneamento na drenagem (resíduos sólidos e esgoto na drenagem urbana) contribuindo para os alagamentos
Ligações clandestinas de esgoto na rede de drenagem	Sobrecarga dos condutos de drenagem, que trabalham acima da sua capacidade. Depósito dos sólidos sedimentáveis em suspensão, especialmente no período de estiagem, reduzindo a seção de escoamento dos rios.	Ruptura de tubulações e alagamentos das vias. Aumento dos níveis d'água e inundações em épocas de grande quantidade de chuvas
Existência de redes unitárias de coleta de efluentes		
Projetos inadequados	Incapacidade das bocas de lobo, sarjetas e galerias.	Acúmulo de águas no leito das ruas e perímetros urbanos, causando alagamentos e transtornos à circulação de pedestres e veículos.
Erosão	Os sedimentos transportados podem desgastar o material das tubulações, além de causar obstrução ao escoamento.	Ruptura ou obstrução de tubulações, causando alagamentos das vias.
Assoreamento	Os sedimentos depositam-se nos corpos d'água, reduzindo a seção de escoamento dos rios.	Aumento dos níveis d'água e inundações em épocas de grande quantidade de chuvas
Ausência de limpeza e de manutenção das margens, bocas de lobo e galerias	Obstruções ao escoamento	Ruptura de tubulações e alagamentos das vias. Ocorrência de inundações localizadas.
Drenagem urbana associada ao setor de obras	Foco nas medidas estruturais e emergenciais, menos atenção ao planejamento dos sistemas.	Ausência de planejamento e de medidas não estruturais, as quais são muito efetivas no controle de inundações.
Ausência de conhecimento técnico dos responsáveis	Projetos inadequados, opções não sustentáveis (canalização do rio) e sem planejamento.	Aceleração do escoamento, causando inundações à jusante. Extrapolação da capacidade dos sistemas, causando alagamentos.
Ausência de um Plano de Manejo de Águas Pluviais	A drenagem não é prioridade na administração municipal. Sem um plano, não há previsão orçamentária para a manutenção e operação dos sistemas.	Sem controle das inundações e planejamento em longo prazo.

A maioria dos municípios (71%) não exerce fiscalização sobre os sistemas de esgotamento sanitário, fato que contribui na grande proporção de ligações clandestinas na rede pluvial em praticamente todos os municípios da pesquisa. Aliado a isso, 19 municípios (68%) pesquisados possuem rede unitária de coleta de efluentes, segundo IBGE (2010), ou seja, os condutos coletam e transportam o esgotos domésticos juntamente com as águas pluviais.

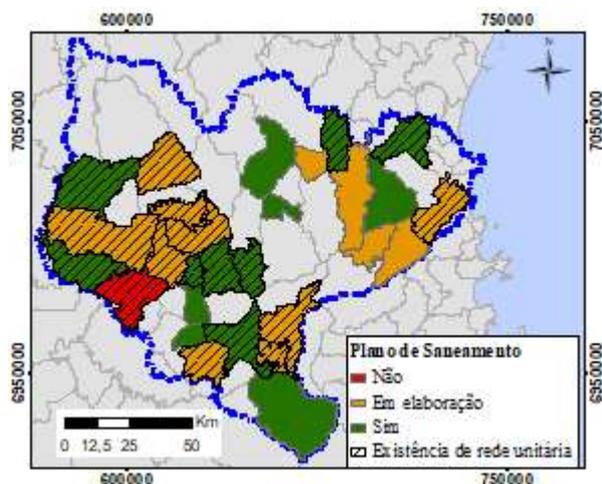


Fig 6 – Municípios quanto à existência de planos de saneamento e de rede unitária de coleta de efluentes.

Isto, além de sobrecarregar os condutos de drenagem, que foram projetados para uma determinada vazão (Figura 7), contribui para a ocorrência de alagamentos e intensifica a poluição dos mananciais destinados ao abastecimento público e recreação.

5.2 Inundações, Alagamentos, Erosão e Assoreamento

Dezessete municípios (61%) possuem inundações com frequência mínima de uma vez ao ano. Os desastres relacionados às inundações devem-se, em boa parte, à ocupação do leito maior do rio (várzeas inundáveis), característica observada em muitos municípios da bacia (Figura 8).

Segundo a Defesa Civil Estadual (2015), os principais cursos d'água citados, que transbordam e causam inundações na área urbana, fazem parte do Plano de Prevenção de Desastres Naturais na Bacia do Rio Itajaí, finalizado em 2011 pela Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA). O plano prevê a construção de oito barragens de contenção de cheias na bacia, com capacidade total de retenção de 56.700.000 m³.

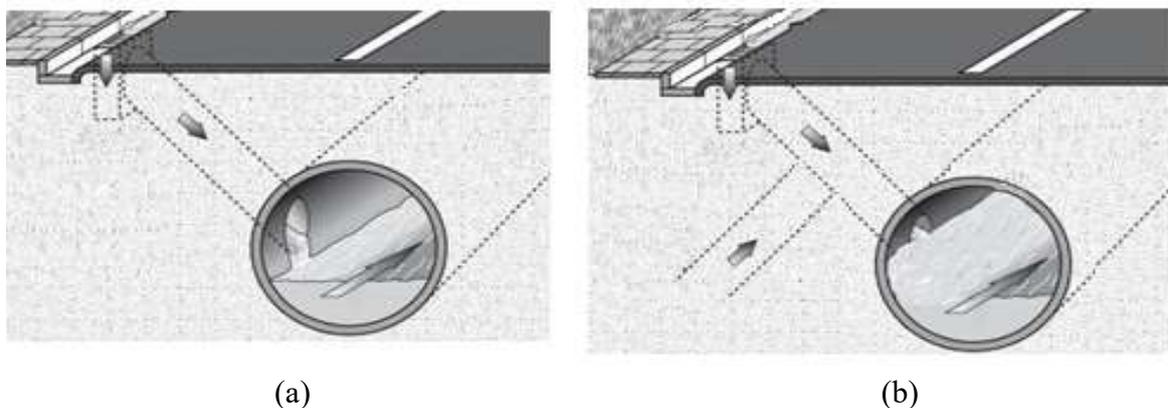


Fig. 7 – Representação dos sistemas de drenagem: a) Funcionando conforme dimensionado. b) Recebendo ligações clandestinas de esgoto e trabalhando acima de sua capacidade. Fonte: Modificado de Butler e Davis (2004).

Também ocorrem alagamentos anuais resultantes de projetos inadequados em dezesseis cidades (Figura 9); seja por insuficiência das galerias de drenagem ou pela incapacidade de bocas de lobo e sarjetas.

Em vinte e dois municípios existem erosão e assoreamento na área urbana (Figura 9). Estes sedimentos podem ter causa e origem de fontes

diversas, tais como construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, solo desprovido de vegetação, retirada da mata ciliar, sólidos do esgoto sanitário, dentre outros. Na maioria destas cidades, o desassoreamento nunca é realizado. Apenas os municípios de Brusque, Guabiruba, Ituporanga e Taió realizam esta atividade, ao menos, uma vez ao ano.



Fig. 8 - Ocupação do leito maior do rio na cidade de Blumenau. Fonte: FURB (2015).

Ainda, a limpeza e poda das margens dos cursos d'água urbanos, atividades estas que requerem licença ambiental, bem como a manutenção e limpeza das bocas de lobo e galerias, práticas que ajudam a minimizar o efeito dos alagamentos, são realizadas sem periodicidade na maioria dos municípios. Isto demonstra que a falta de um plano de manutenção na rede de drenagem contribui fortemente para os alagamentos.

De maneira geral, não há preocupação com a manutenção dos sistemas de drenagem, o que colabora na ruptura ocasional das tubulações, e o consequente alagamento, em 89% dos municípios. Tais rompimentos podem estar relacionados ao desgaste do material das canalizações (decorrentes do transporte de sedimentos oriundos das erosões e/ou resíduos sólidos que atingem essas tubulações), ao subdimensionamento dos sistemas (que transportam uma vazão acima do limite, o que também é prejudicado pelas ligações de esgoto na rede) e obstruções (causadas por sedimentos e resíduos nas redes de drenagem).

As ações desenvolvidas em drenagem urbana são meramente corretivas e executadas de modo emergencial, fato que pode contribuir na ocorrência e intensidade dos alagamentos. Nesse sentido, dezesseis municípios possuem áreas de risco na porção urbana que demandam drenagem especial, conforme já evidenciado por IBGE (2010).

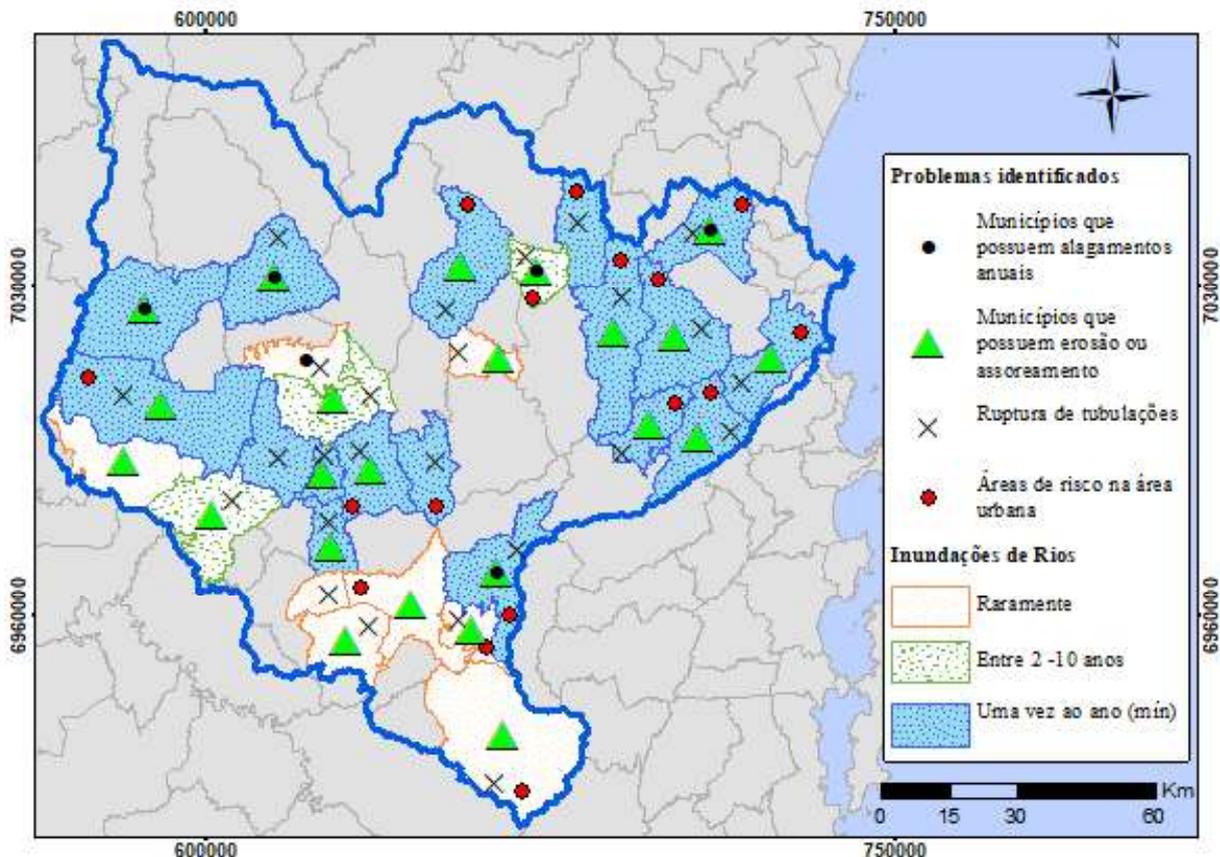


Fig. 9 - Problemas identificados na Drenagem Urbana nos municípios pesquisados da bacia hidrográfica do rio Itajaí Açu.

5.3 Gestão da Drenagem Urbana

O setor de obras é a divisão responsável pela drenagem em 73% das prefeituras (Figura 10), o que a caracteriza como uma ação pautada em medidas estruturais. Sabe-se que o controle de enchentes envolve um grande número de variáveis, incluindo as atividades de planejamento e gestão do espaço urbano (medidas não estruturais), ações nem sempre consideradas junto às secretarias de obras.

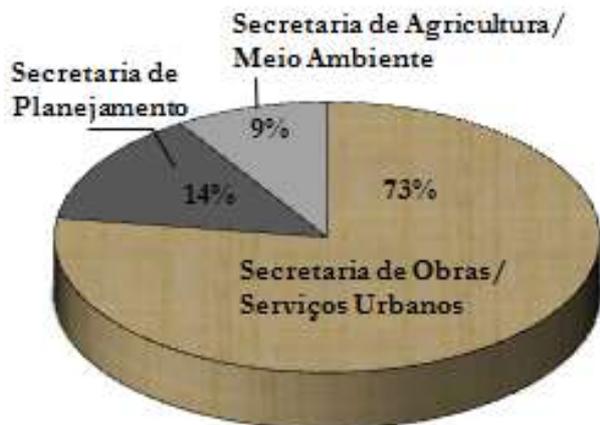


Fig. 10 - Setores responsáveis pela drenagem urbana.

Verificou-se que a maioria dos funcionários responsáveis pela drenagem urbana não possui qualificação específica (Tabela 3), ou seja, sem formação técnica ou superior que englobe conhecimentos nesta área. Embora alguns municípios tenham citado a existência de técnicos como responsáveis pelo setor de drenagem urbana, a formação destes é específica em edificações e agrimensura. Estes cursos não capacitam profissionais para trabalhar com saneamento e, tampouco, no controle de enchentes. Pouco menos da metade dos municípios possui um responsável com curso superior.

A suficiência da drenagem urbana está relacionada a sistemas implantados a partir de projetos calcados em estudos hidrológicos adequados inseridos num planejamento urbano adequado, parte de uma visão holística que também integre as medidas não estruturais. A formação adequada do técnico é determinante para o bom funcionamento do serviço. Na prática, a indicação para estes cargos é geralmente política, assim, não necessariamente tem-se, no

comando destas atividades, uma pessoa com conhecimento técnico em drenagem urbana. Em muitas prefeituras perduram projetos executados de acordo com a “experiência” do executor da obra, o que pode resultar em projetos equivocados e mal dimensionados.

Tabela 3: Formação dos responsáveis pela drenagem

Formação	Total	
Sem qualificação específica	8	29%
Superior (Engenheiro Civil)	6	21%
Superior (Outros)	4	14%
Técnico	4	14%
Não informado	3	11%
Superior (Engenheiro Agrônomo)	2	7%
Superior (Geografia)	1	4%

Essa afirmação é respaldada na análise das intervenções comumente realizadas em cada município, a maioria (60%) das prefeituras prefere executar as canalizações fechadas (enterradas) quando há necessidade de intervenção em um curso d’água. A canalização dos pontos críticos resulta na aceleração do escoamento da drenagem e acaba apenas transferindo a inundação de um lugar para outro da bacia.

As intervenções do poder público nos rios e ribeirões em vários municípios da bacia têm sido criticadas pela comunidade. Devido à falta de critérios técnicos e ecológicos na execução dessas obras, o que remete ao resultado que a maioria dos responsáveis pela drenagem não possui qualificação específica, elas entram no rol das obras que preparam o próximo desastre (MATTEDI *et al.*, 2009).

Para 75% dos municípios a maior deficiência no setor é a escassez de recursos financeiros, o que demonstra que as secretarias responsáveis trabalham sem autonomia financeira. Isto inviabiliza a tomada de ações e execução de atividades constantes e planejadas na drenagem urbana, já que os recursos disponíveis são direcionados a outras prioridades dentro da administração. As ações em drenagem são emergenciais e ocorrem após o surgimento de desastres, indo contra ao princípio de prevenção adotado pela Defesa Civil.

Apenas dois municípios (Blumenau e Itajaí) possuem um Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais (PDMAP), um instrumento

de gestão ambiental urbana que, em suma, planeja a distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana, contribuindo na melhoria da salubridade ambiental. Assim, é o principal instrumento existente para o controle das inundações.

Isso significa que na maioria das cidades inexistente um planejamento de drenagem. Em seu lugar, muitas vezes é utilizado o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (existente em apenas nove municípios investigados), o qual, muitas vezes, considera apenas aspectos arquitetônicos, sem considerar os efeitos ambientais e as inundações.

A ausência de um PDMAP não foi considerada problema para a maioria dos municípios. Ressalta-se que a eficiência do manejo de águas pluviais está diretamente relacionada à criação deste instrumento, o qual inclui medidas preventivas de controle de inundações. A não indicação pela maioria dos municípios pode apontar o não (re)conhecimento da importância desta ferramenta para a drenagem urbana, bem como o desconhecimento desta temática pelos gestores que atuam na administração direta.

Entre os respondentes, 61% dos gestores municipais acreditam que a gestão do sistema de drenagem pluvial integrada é necessária entre os municípios vizinhos. A gestão da drenagem urbana acontece no nível municipal, com jurisdição legal e administrativa do município. Entretanto, este encontra-se espacialmente dentro de uma ou mais bacias hidrográficas, para as quais exporta seus impactos. Porém, a administração não possui capacidade técnica e financeira para promover ações locais, tampouco em conjunto com a bacia.

Apesar disso, 75% dos gestores afirmaram que já participaram de ações integradas com outras cidades para tratar problemas de inundações. Isso pode demonstrar o não conhecimento da drenagem urbana como medida de prevenção de desastres hidrológicos.

De fato, todo o panorama aqui apresentado, sintetizado no Quadro 2, já foi observado no ano de 1998, por Pompêo (2000). Isto demonstra que não houve evolução no tratamento da drenagem urbana, que continua a ocupar um papel secundário no saneamento ambiental e no controle de inundações.

6. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados constituem um instrumento auxiliar à promoção da compreensão dos problemas encontrados na drenagem urbana em municípios da bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu, região mais afetada por desastres no Estado de Santa Catarina. As cidades pesquisadas agregam a maior parte da população e concentram mais da metade dos desastres que já ocorreram na região, retratando uma visão geral da bacia hidrográfica.

Na maioria dos municípios investigados, a gestão da drenagem urbana é realizada por meio das secretarias de obras, as quais são vinculadas diretamente ao poder público municipal e apresentam, geralmente, uma estrutura técnica, administrativa e institucional frágil, sem recursos sistemáticos capazes de financiá-la adequadamente.

Como a maioria dos responsáveis pela drenagem urbana não possui qualificação técnica adequada, as ações realizadas podem contribuir para aumento dos desastres hidrológicos, pois os rompimentos das tubulações, os alagamentos por insuficiência da rede de drenagem e inundações de cursos d'água urbanos, canalizados ou não, acontecem nas mais diversas frequências.

Muitos dos problemas citados poderiam ser identificados e direcionados à uma solução no Plano de Manejo de Águas Pluviais. Contudo, a maioria dos gestores não considera um problema a ausência deste instrumento nos municípios. Isto pode demonstrar o não (re)conhecimento da importância deste instrumento para a drenagem urbana e para o controle de cheias por parte dos gestores que atuam na administração direta.

Todos os problemas encontrados podem contribuir na ocorrência de inundações e alagamentos na área urbana dos municípios da bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu, já que o instrumento designado para evitar a ocorrência destes fenômenos, a drenagem, não é considerado prioridade direta para as municipalidades.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às Prefeituras Municipais que responderam à pesquisa e permitiram um diagnóstico atualizado para a Drenagem Urbana na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOLD, C.; GIBBONS, J. Impervious surface coverage: the emergence of a key environmental indicator. **Journal of the American Planning Association**, v. 62, n. 2, p. 243–258, 1996.
- BENSON, C.; CLAYE, J. Disasters, Vulnerability and the Global Economy. In: KREIMER, A.; ARNOLD, M. (Ed.). **The future disaster risk: building safer cities**. Disaster Risk Management Series. Washington, D.C., n. 3, p. 3–32, 2003.
- BRASIL, Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (orgs.). Brasília, 2007a. 176p.
- _____. **Lei n. 11.445**, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 06 jan. 2007b.
- _____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). **Gasto Público Saneamento Básico: Relatório de Aplicações 2010**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2011. 71 p.
- _____. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010**: volume Santa Catarina/ Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2012. 101p.
- _____. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012**: volume Brasil/ Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 104p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Publicações: **COBRADE: codificação, classificação, definição e simbologia dos desastres**. Disponível em: < <http://www.mi.gov.br/publicacoes-sedec>>. Acesso em Agosto de 2015.
- BUTLER, D.; DAVIES, J. W. **Urban drainage**. Spon Press. 2 ed. 2004. 566 p.
- CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres: desastres mistos**. Volume 3. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 2002. 91p.
- _____. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Imprensa Nacional, 2003. 174p.
- DEFESA CIVIL ESTADUAL DE SANTA CATARINA. Consórcio Quatro Barragens. **Estudo de Impacto Ambiental**. Florianópolis, 695p.
- ECLAC. Economic Commission for Latin America and the Caribbean. **Handbook for Estimating the Socio-economic and Environmental Effects of Disasters**. Washington D.C.: World Bank, 2003. 111p.
- FONTES, A.R.M.; BARBASSA, A.P. Diagnóstico e Prognóstico da Ocupação e da Impermeabilização Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, n. 2, p.137–147, 2003.
- FURB (Universidade Regional de Blumenau). Projeto SISGA: Bacia Hidrográfica do Vale do Itajaí. Disponível em: < <http://www.inf.furb.br/sisga/educacao/ensino/baciaValeItajai.php>>. Acesso: 01 Agosto 2015.
- GOERL, R.F.; KOBIYAMA, M. Redução dos desastres naturais: desafio dos geógrafos. **Ambiência** (Online), v. 9, n.1, p. 145–172, 2013.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Projeção da População do Brasil por sexo e idade: 1980-2050 (revisão 2004)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 82p.
- _____. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 219p.
- _____. **Sinopse Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 261p.
- _____. **Projeção da População do Brasil por sexo e idade: 2000-2061 (revisão 2013)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 21p.
- ISDR (International Strategy for Disaster Reduction). **Disaster risk reduction 1994-2004**. Geneva: United Nations, 2005. CD-ROM.

- Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters.** Geneva: United Nations, 2007. 28 p.
- KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.; MARCELINO, I.; MARCELINO, E.; GONÇALVES, E.; BRAZETTI, L.; GOERL, R.; MOLLERI, G.; RUDORFF, F. **Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos.** Curitiba: Organic Trading, 2006. 109 p.
- KRON, W. **Keynote lecture: Flood risk = hazard x exposure x vulnerability.** Proceedings of Second International Symposium of Flood Defense, Beijing, p. 82–97, 2002.
- HADDAD, E. A.; TEIXEIRA, E. Economic impacts of natural disasters in megacities: The case of floods in São Paulo, Brazil. **Habitat International**, p. 106–113, 2014.
- MATTEDI, M. A. A relação entre o social e natural nas abordagens de hazards e de desastres. **Revista Ambiente e Sociedade.** Campinas, v. 4, n.9, p. 93–114, 2001.
- MATTEDI, M.A.; FRANK, B.; SEVEGNANI, L.; BOHN NOEMIA. O desastre se tornou rotina... In: FRAK, B. & SEVEGNANI, L (Org.). **Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: Água, Gente e Política.** Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009. 192p.
- PLANSAB (**Plano Nacional de Saneamento Básico**). Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental: Brasília, 2013. 172p.
- POMPÊO, C. A. Drenagem Urbana Sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 15–23, 2000.
- RIGHETTO, A.M.; MOREIRA, L.F.F.; SALES, T.E.A. Manejo de águas pluviais urbanas. In: RIGHETTO, A. M. (coordenador). **Manejo de Águas Pluviais Urbanas.** Rio de Janeiro: ABES, 2009, 396p.
- RUTHERFORD, W. H.; BOER, J. The definition and classification of disasters. **Injury**, v.15, p. 10–12, 1983.
- SCHETTINI, C.A.F. Caracterização física do estuário do rio Itajaí-Açu-SC. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 07, n.1, p. 123–142, 2002.
- SHUSTER, W.D.; BONTA, J.; THURSTON, H.; WARNEMUENDE, E.; SMITH, D. R. Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review. **Urban Water Journal**, v. 2, n.4, p. 263 – 275, 2005.
- SMAKHTIN, V. U., Low flow hydrology: a review. **Journal of Hydrology**, v. 240, n.3-4, p. 147 – 186, 2001.
- TACHINI, M. **Avaliação de danos associados às inundações no município de Blumenau.** Florianópolis: UFSC, 2010. 204 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2010. 189p.
- TAVARES, A. C; SILVA, A. C. F. Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 3, n.1, p. 4 –15, 2008.
- TUCCI, C. E. M. ; MELLER, A. Regulação das águas pluviais urbanas. **Rega – Revista de Gestão da América Latina**, Porto Alegre: v. 4, n. 1, p. 75 – 89, 2007.
- UNISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **Terminology on disaster risk reduction.** Geneva: UNISDR, 2009, 35 p.