

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**PROPOSTA DE MÉTODO PARA A FORMULAÇÃO DE
PLANOS DIRETORES DE DRENAGEM URBANA**

CLÁUDIA ELISABETH BEZERRA MARQUES

ORIENTADOR: NÉSTOR ALDO CAMPANA
CO-ORIENTADOR: RICARDO SILVEIRA BERNARDES

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E
RECURSOS HÍDRICOS**

PUBLICAÇÃO: PTARH.DM – 092/06
BRASÍLIA/DF: MAIO/2006

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

PROPOSTA DE MÉTODO PARA A FORMULAÇÃO DE PLANOS
DIRETORES DE DRENAGEM URBANA.

CLÁUDIA ELISABETH BEZERRA MARQUES

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS.

APROVADA POR:

Prof. Néstor Aldo Campana, DSc (ENC-UnB)
(Orientador)

Prof. Ricardo Silveira Bernardes, PhD (ENC-UnB)
(Co-orientador)

Prof. Nabil Joseph Eid, DSc. (ENC-UnB)
(Examinador Interno)

Prof. Flávio Cesar Borba Mascarenhas (COPPE-UFRJ)
(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 15 DE MAIO DE 2006.

FICHA CATALOGRÁFICA

MARQUES, CLÁUDIA ELISABETH BEZERRA

Proposta de Método para a Formulação de Planos Diretores de Drenagem Urbana [Distrito Federal] 2006.

xv, 153p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2006). Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1.Plano diretor de drenagem urbana

2.Planejamento urbano

3.Gestão participativa

4.Drenagem urbana

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MARQUES, C. E. B. (2006). Proposta de Método para a Formulação de Planos Diretores de Drenagem Urbana. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação MTARH.DM-092/06, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 168p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Cláudia Elisabeth Bezerra Marques.

TÍTULO: Proposta de Método para a Formulação de Planos Diretores de Drenagem Urbana.

GRAU: Mestre

ANO: 2006

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Cláudia Elisabeth Bezerra Marques
Rua C-135 Qd. 285 Lt. 11, Jardim América.
74275-040 Goiânia – GO – Brasil.

A minha querida família
e estimados amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por estar sempre presente em minha vida.

Aos Professores Néstor Aldo Campana e Ricardo Silveira Bernardes pela orientação e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores Sérgio Koide, Cristina Célia Silveira Brandão, Nabil Joseph Eid, Marco Antônio Almeida de Souza e Oscar de Moraes Cordeiro Netto, pela transmissão de conhecimentos e convivência acadêmica.

A todos os amigos do PTARH, em especial, Simoneli, Renata, Ana Elisa, Jennifer, Neusa, Mari, Bianca, Rafael, Andreia, Flávia, Débora, Deborah, Cristina, Carol, Alcione, Eneida, Renan, Thales, Fuad, Cristiane, Simone, Jailma, Camila, Jaqueline, Jorge, Ronaldo e Pufal, por terem trilhado junto a mim esse árduo caminho, sempre com apoio, respeito, incentivo e grande amizade. Já sinto saudades!

Aos funcionários “Boy”, Dona Lígia, Kátia e Adelias, pela alegria.

À CAPES, pelo auxílio financeiro sem o qual não poderia ter sido possível a realização desta pesquisa.

Ao Yuri e Ítalo pela ótima convivência e companhia.

Aos meus amigos de Goiânia, pelo incentivo.

À família Pugas, pelo apoio incondicional.

Aos meus pais, por tudo.

A todos aqueles que não foram citados, mas que fizeram parte dessa conquista, seja apoiando, ajudando, acreditando, cobrando ou apenas sorrindo.

Muito Obrigada!

RESUMO

PROPOSTA DE MÉTODO PARA A FORMULAÇÃO DE PLANOS DIRETORES DE DRENAGEM URBANA

Autor: Cláudia Elisabeth Bezerra Marques

Orientadora: Néstor Aldo Campana

Co-orientador: Ricardo Silveira Bernardes

Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos

Brasília, maio de 2006.

As inundações em áreas urbanas constituem-se em um dos importantes impactos negativos sobre a sociedade, principalmente à população de menor poder aquisitivo que vive em locais de risco, sujeitos às cheias e a movimentos de massa em encostas. Esses impactos podem ocorrer, basicamente, devido à urbanização, inundação natural da várzea ribeirinha ou ocorrência de precipitações extremas.

Entretanto, outros agravantes têm sido observados nos países em desenvolvimento. No Brasil, o sistema de drenagem urbana foi construído ao longo de anos de forma descontinuada, sob o aspecto de um inadequado planejamento e sob o critério de escoamento rápido das águas pluviais do meio urbano.

Nesse contexto, o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) é um instrumento de gestão ambiental urbana, que, integrado ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e aos interesses majoritários da sociedade busca, essencialmente, planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana, contribuindo com o bem estar social e preservação ambiental.

O presente trabalho visou realizar revisão bibliográfica, diagnóstico de alguns PDDrUs no Brasil e proposição de método para a elaboração e implementação dos mesmos por meio de um sistema de suporte à decisão, visando proporcionar de forma interativa e de fácil acesso ao usuário, subsidiando o processo decisório.

Desse método, seguido o roteiro proposto, composto por sete etapas permeadas pela participação da comunidade, haverá ao final do processo um bom PDDrU, que considere o planejamento participativo e o desenvolvimento sustentável.

Portanto, esse trabalho configura-se em uma base inicial para o auxílio na elaboração e implementação de PDDrUs sustentáveis, subsidiando o planejamento da drenagem urbana, que acarreta custos significativos à sociedade, quando executado sem maiores reflexões prévias.

ABSTRACT

PROPOSAL OF METHOD FOR THE FORMULARIZATION OF URBAN DRAINAGE MASTER PLAN

Author: Cláudia Elisabeth Bezerra Marques

Supervisor: Néstor Aldo Campana

Co-supervisor: Ricardo Silveira Bernardes

Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos

Brasília, May of 2006.

Flooding in urban areas is a serious problem, causing many negative impacts to the society, mainly to people who lives in high-risk places. This kind of problem happens in part due to the fact that the urbanization occurs with lack of order or plan. In Brazil, for example, the urban drainage systems of many cities were built in a discontinued way, under inadequate planning criterions, which establish that pluvial waters must be rapidly drained from urban areas, what is actually known as a procedure that just transfer the problem to another place. In that context, the Urban Drainage Master Plan (PDDrU) is an important urban management tool that, integrated with the Urban Development Master Plan and the major interests of the society, aims at planning the urban water distribution in space and time, contributing to the social well-being and to the environment conservation.

Due to the relevance of the theme, the objectives of this work were to present a bibliographical revision about urban drainage master plans, to evaluate the plans of some Brazilian cities, and to propose a method for formulating urban drainage master plans, aiming to provide, in an interactive and easy way, a guideline to people who works with urban plans, stakeholders and decision-makers.

The proposed method for formulating PDDrUs is composed by a seven-step procedure, all of them counting on community participation. It is expected that using this method the PDDrUs should have their elaboration costs and failure risks reduced, as well as the social and environmental benefits improved, avoiding the development of PDDrUs with lack of discussions and no participation of the society.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVOS	4
3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 – IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO.....	5
3.1.1 – Enchentes urbanas.....	7
3.1.2 – Alteração da qualidade da água pluvial	8
3.1.3 – Alteração da dinâmica de sedimentos.....	9
3.2 – DRENAGEM URBANA	10
3.2.1 – Histórico	10
3.2.1.1 – Evolução no mundo	10
3.2.1.2 – Evolução no Brasil	11
3.2.2 – Sistemas sustentáveis de drenagem urbana	13
3.2.2.1 – Medidas não-estruturais de controle de inundações urbanas	14
3.2.2.2 – Medidas estruturais de controle de inundações urbanas.....	16
3.2.3 – Quadro situacional da drenagem urbana no Brasil	30
3.2.4 – Legislação aplicada à drenagem de águas pluviais	34
3.3 – PROSPECTIVA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICOS.....	36
3.3.1 – Construção de cenários e a drenagem urbana.....	37
3.3.2 – Teoria do planejamento	40
3.4 – PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA – PDDrU	41
3.4.1 – Objetivos.....	42
3.4.2 – Elementos	42
3.4.3 – Estrutura	44
3.4.4 – Vantagens	45
3.4.5 – Limitações	46
3.5 – INDICADORES.....	47
3.5.1 – Conceito de indicadores de sustentabilidade	47
3.5.2 – Critérios de seleção de indicadores	49
3.5.3 – Estrutura Pressão – Situação – Resposta (PSR).....	50

4 – MÉTODO DE PESQUISA	51
5 – DIAGNÓSTICO DE PDDrUs DISPONÍVEIS NO BRASIL	53
5.1 – BELO HORIZONTE	53
5.2 – CAXIAS DO SUL E PORTO ALEGRE	56
5.3 – SANTO ANDRÉ	58
5.4 – PLANO INTEGRADO DE CONTROLE DE INUNDAÇÕES PARA A BACIA DO IGUAÇU-SARAPUÍ	60
5.5 – ANÁLISE CRÍTICA	61
6 – ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE PDDrU.....	66
6.1 – PARTICIPAÇÃO DA COMUNIDADE.....	67
6.2 – CONCEPÇÃO DO PDDrU	69
6.3 – FORMAÇÃO DE GRUPO DE TRABALHO.....	72
6.4 – LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES BÁSICAS	73
6.5 – DESENVOLVIMENTO DO PDDrU.....	74
6.5.1 – Delimitação e sub-divisão da bacia hidrográfica	75
6.5.2 – Diagnóstico da sub-bacia hidrográfica	76
6.5.2.1 – Qualidade da água	79
6.5.2.2 – Hidrograma de cheia.....	80
6.5.2.3 – Processos sedimentológicos	82
6.5.3 – Elaboração do cenário de referência	85
6.5.4 – Elaboração de cenário futuro	86
6.5.5 – Medidas para gestão e controle da drenagem urbana	87
6.5.5.1 – Medidas de mitigação e convivência.....	88
6.5.5.2 – Medidas de correção e/ou prevenção	90
6.5.5.3 – Medidas de planejamento e regulação.....	92
6.5.6 – Avaliação e escolha de medidas.....	94
6.6 – PRODUTOS DO PDDrU	94
6.6.1 – Propostas de regulamentação	94
6.6.2 – Plano de controle	95
6.6.3 – Manual de drenagem.....	96
6.6.4 – Plano de revisão do PDDrU	96
6.6.5 – Plano de ação.....	98

6.7 – PROGRAMAS	99
6.8 – AVALIAÇÃO DA AÇÃO.....	99
6.8.1 – Indicadores da drenagem urbana sustentável – IDUS.....	100
7 – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	105
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
APÊNDICES	120
APÊNDICE A – FICHAS DE QUALIFICAÇÃO DOS INDICADORES DA DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL	122
Apêndice A.1 – Inadequação do grau de permeabilidade do solo.....	122
Apêndice A.2 – Inexistência ou inadequação do serviço de drenagem pluvial.....	128
Apêndice A.3 – Inexistência ou inadequação do sistema de drenagem pluvial	133
Apêndice A.4 – Inexistência ou inadequação da gestão da drenagem urbana	141
Apêndice A.5 – Existência de interferências à eficácia do sistema de drenagem	146
Apêndice A.6 – Inexistência ou inadequação de salubridade ambiental.....	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Vantagens e inconvenientes da utilização de valos de infiltração (baseado em Castro, 2002).	19
Tabela 3.2 – Vantagens e inconvenientes da utilização de poços de infiltração (baseado em Castro, 2002).	20
Tabela 3.3 – Vantagens e inconvenientes da utilização de pavimentos permeáveis (baseado em Castro, 2002).	22
Tabela 3.4 – Vantagens e inconvenientes da utilização de trincheiras de infiltração (baseado em Castro, 2002 e Souza, 2002).	23
Tabela 3.5 – Vantagens e inconvenientes da utilização de bacias de retenção (baseado em CERTU, 1998 <i>apud</i> Castro, 2002).	24
Tabela 3.6 – Vantagens e inconvenientes da utilização de telhados armazenadores (baseado em Castro, 2002).	27
Tabela 3.7 – Vantagens e inconvenientes da utilização de canalizações (baseado em Castro, 2002).	28
Tabela 3.8 – Vantagens e inconvenientes da utilização de diques (Fadiga Junior, 2001).	30
Tabela 5.1 – Etapas de elaboração do PDDrU de Belo Horizonte (SUDECAP, 1999). ...	55
Tabela 5.2: Características observadas no diagnóstico dos PDDrUs de Belo Horizonte, Caxias do Sul, Porto Alegre, Santo André e Plano Integrado de Controle de Inundações da Bacia do Iguaçu-Sarapuí.	64
Tabela 6.1 – Esquema temático proposto para orientar o diagnóstico municipal do sistema de drenagem urbana (modificado – Vaz Filho e Cordeiro, 2000).	77
Tabela 6.2 – Fatores que influenciam a drenagem urbana, por tipo, segundo tópicos de abordagem (modificado – Silva <i>et al.</i> , 2005).	78
Tabela 6.3 – Classificação dos tipos de medidas propostas, segundo o grau de ocupação da área e a identificação de problemas de drenagem.	88
Tabela 6.4 – Classificação segundo critérios de seleção de estruturas de controle para áreas de ocupação consolidada (traduzido – MDE, 2000a; DEC, 2003 e NCTCG, 2004a).	89
Tabela 6.5 – Classificação segundo critérios de seleção de estruturas de controle para áreas de ocupação não consolidada (traduzido – MDE, 2000a; DEC, 2003 e NCTCG, 2004a).	91
Tabela 6.6 – Indicadores da drenagem urbana sustentável apresentados por campo de análise, dimensão-componente da gestão da drenagem urbana, tipo segundo o modelo Pressão-Situação-Resposta e unidade de medida ou categoria de resposta.	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Processos que ocorrem numa área urbanizada ou em urbanização (modificado – Hall, 1984 <i>apud</i> Porto <i>et al.</i> , 2001).....	5
Figura 3.2 – Valo de infiltração sem dispositivo de percolação (traduzido – NCTCG, 2004b).....	18
Figura 3.3 – Valo de infiltração com dispositivo de percolação (traduzido – NCTCG, 2004b).....	19
Figura 3.4 – Integração de poços de infiltração com o espaço urbano (Souza, 2002).	20
Figura 3.5 – Perfil vertical de pavimento poroso (traduzido – NJDEP, 2004).	21
Figura 3.6 – Perfil vertical de pavimento permeável com armazenagem (traduzido – NJDEP, 2004).	21
Figura 3.7 – Perfil vertical de pavimento permeável sem armazenagem (traduzido – NJDEP, 2004).	21
Figura 3.8 – Trincheira de infiltração típica (traduzido – ARC, 2001b).....	22
Figura 3.9 – Exemplo de bacia de detenção (traduzido – MDE, 2000b).	24
Figura 3.10 – Exemplo de bacia de retenção (traduzido – UDFCD, 2002).	25
Figura 3.11 – Exemplo de bacia de infiltração (traduzido – MDE, 2000b).....	25
Figura 3.12 – Perfil vertical de reservatório de detenção (traduzido – Maidment, 1993). 26	
Figura 3.13 – Perfil vertical de reservatório de retenção (traduzido – Maidment, 1993). 26	
Figura 3.14 – Perfil vertical de telhado armazenador (traduzido – EPA, 1999).	27
Figura 3.15 – Exemplo de tipos de canalização (Breslin, 1980).	28
Figura 3.16 – Exemplo de dique recuado da margem do rio (traduzido – FHMS/EPD, 2003).....	29
Figura 3.17 – Exemplo de dique rente à margem do rio (traduzido – FHMS/EPD, 2003).29	
Figura 3.18: Municípios com serviços de drenagem urbana, segundo os estratos populacionais em 2000 (IBGE, 2002).	30
Figura 3.19: Municípios com serviços de drenagem urbana, segundo as Grandes Regiões em 2000 (IBGE, 2002).	31
Figura 3.20: Municípios com drenagem urbana subterrânea, por tipo, segundo as Grandes Regiões em 2000 (IBGE, 2002).	31
Figura 3.21: Pontos de lançamento da rede de drenagem, por tipo, segundo as Grandes Regiões em 2000 (IBGE, 2002).	32

Figura 3.22: Orçamento destinado à drenagem urbana, por intervalos de porcentagem, segundo as Grandes Regiões em 2000 (IBGE, 2002).	32
Figura 3.23: Instrumentos reguladores de drenagem urbana, por tipo, segundo as Grandes Regiões (IBGE, 2002).	33
Figura 3.24: O processo para a elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana (Walesh, 1989 <i>apud</i> Barth, 2000).	44
Figura 3.25: Estrutura conceitual do modelo Pressão-Situação-Resposta da OECD (modificado – OECD, 1993).	50
Figura 4.1: Representação esquemática do método de pesquisa.	51
Figura 6.1 – Fluxograma Geral para Elaboração e Implantação de PDDrU.	67
Figura 6.2 – Sistema de gerenciamento da drenagem urbana, considerado durante a concepção do PDDrU (modificado – EEC/UFG e WEDC, 2003).	69
Figura 6.3 – Representação esquemática das informações básicas a serem levantadas e suas respectivas aplicações na etapa subsequente.	74
Figura 6.4 – Representação esquemática do desenvolvimento do PDDrU.	75
Figura 6.5 – Representação esquemática do processo de avaliação e decisão da reformulação do plano diretor de drenagem urbana.	97
Figura 6.6 – Exemplo de cadeia da gestão da drenagem urbana para avaliação de desempenho de PDDrU (modificado – ANA, 2003).	101

LISTA DE SIMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÖES

ABRH	- Associação Brasileira de Recursos Hídricos
ANA	- Agência Nacional de Águas
APP	- Área de Proteção Permanente
ARC	- <i>Atlanta Regional Commission</i>
ASCE	- <i>American Society of Civil Engineers</i>
ASSEMAE	- Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento
BID	- Banco Interamericano de Desenvolvimento
BMP	- <i>Best Management Practice</i>
BNDES	- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BNH	- Banco Nacional de Habitação
CENEPI	- Centro Nacional de Epidemiologia
CERTU	- <i>Centre D'Études sur les Réseaux de Transporte et L'Urbanimes</i>
CID	- Código de Doenças Internacional
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CN	- <i>Curve Number</i>
DC	- <i>District of Columbia</i>
DEC	- <i>Department of Environmental Conservation</i>
DNOS	- Departamento Nacional de Obras e Saneamento
DRENURBS	- Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos de Vale e dos Córregos em Leito Natural de Belo Horizonte
EEC	- Escola de Engenharia Civil
EPA	- <i>Environmental Protection Agency</i>
EPD	- <i>Environmental Protection Division</i>
ESS	- <i>Experimental Sewer System</i>
EUA	- Estados Unidos da América
FAZ	- Fundo de Apoio ao Desenvolvimento Social
FGEI	- Fluxograma Geral para Elaboração e Implantação
FGTS	- Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FHMS	- <i>Flood Hazard Management Section</i>
FIDREN	- Financiamento e/ou Refinanciamento para Implantação e/ou Melhoria de Sistemas de Drenagem
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHS	- Instituto de Desenvolvimento Humano Sustentável
IDUS	- Indicadores da Drenagem Urbana Sustentável
IPH	- Instituto de Pesquisas Hidráulicas
LID	- <i>Low Impact Development</i>
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
MDE	- <i>Maryland Department of the Environment</i>
MS	- Ministério da Saúde
NCTCG	- <i>North Central Texas Council of Governments</i>
NJDEP	- <i>New Jersey Department of Environmental Protection</i>
NEA	- Núcleo de Estudos da Água
OECD	- <i>Organization for Economic Cooperation and Development</i>
PDDU	- Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
PDDrU	- Plano Diretor de Drenagem Urbana
PICIBIS	- Plano Integrado de Controle de Inundação para a Bacia do Iguaçu-Sarapuí

PMSP	- Prefeitura Municipal de São Paulo
PMSS	- Programa de Modernização do Setor Saneamento
PNAD	- Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios
PNSB	- Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PNUD	- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PSR	- <i>Pressure-State-Response</i> ou Pressão-Situação-Resposta
PUC	- Pontifícia Universidade Católica
SCS	- <i>Soil Conservation Service</i>
SEMA	- Secretaria de Estado de Meio Ambiente
SEMADS	- Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SEMAE	- Serviço Municipal de Água e Esgoto de São Leopoldo
SEMASA	- Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André
SEPURB	- Secretaria de Política Pública
SERLA	- Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas
SINAN	- Sistema Nacional de Agravos Notificáveis
SNSA	- Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
SRH	- Secretaria de Recursos Hídricos
SUDECAP	- Superintendência de Desenvolvimento da Capital
SUDS	- <i>Sustainable Urban Drainage Systems</i>
UDFCD	- <i>Urban Drainage and Flood Control District</i>
UFG	- Universidade Federal de Goiás
UFSC	- Universidade Federal de Santa Catarina
UFRGS	- Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UnB	- Universidade de Brasília
UNFPA	- <i>United Nations Fund for Population Activities</i>
UNSD	- <i>United Nations Statistics Division</i>
WEDC	- <i>Water Engineering and Development</i>
WEF	- <i>Water Environment Federation</i>
WSUD	- <i>Water-sensitive Urban Drainage</i>

1 – INTRODUÇÃO

Os impactos da urbanização, na questão da drenagem urbana, têm sido observados em diversas partes do mundo. Decorrentes, principalmente, do incremento populacional mundial que, atualmente, segue a uma taxa anual de 76 milhões de pessoas (UNFPA, 2004). Exemplo disso é a intensa urbanização dos últimos 40 anos nos EUA que se estendeu desordenadamente por áreas previamente rurais, ocasionando a substituição da cobertura vegetal e provocando vários efeitos que alteraram os componentes do ciclo hidrológico natural (ASCE/WEF, 1992).

Nas bacias hidrográficas rurais ou em condições naturais de conservação, as águas pluviais são interceptadas pela vegetação, infiltram-se no solo e o excedente escoam sobre a superfície, produzindo um hidrograma com baixa variação de vazão e picos de enchentes moderados (Tucci, 2001). Nas bacias hidrográficas predominantemente urbanas a impermeabilização do solo e a evacuação das águas pluviais por meio de condutos artificiais, levam a um aumento da velocidade de escoamento, do volume de água escoada e como consequência, ao aumento da magnitude dos picos de cheia. A combinação dos efeitos da urbanização sobre os componentes do ciclo hidrológico natural tem levado os sistemas de drenagem a apresentarem crises em seu funcionamento, resultando em inundações de áreas urbanas (Chow *et al.*, 1988).

As inundações em áreas urbanas constituem-se em um dos importantes impactos negativos sobre a sociedade, principalmente à população de menor poder aquisitivo que vive em locais de risco, sujeitos às cheias e a movimentos de massa em encostas. Esses impactos podem ocorrer, basicamente, devido à urbanização, inundação natural da várzea ribeirinha ou ocorrência de precipitações extremas.

Entretanto, outros agravantes têm sido observados em países em desenvolvimento. No Brasil, o sistema de drenagem urbana foi construído ao longo de anos de forma descontinuada, sob o aspecto de um inadequado planejamento e sob o critério de escoamento rápido das águas pluviais do meio urbano (Tucci, 1995). Historicamente, a drenagem de águas pluviais no Brasil recebeu menores investimentos públicos que os

demais setores da infra-estrutura urbana, tais como o sistema viário, energia elétrica, abastecimento de água, coleta e tratamento de efluentes domésticos (PMSP, 1999).

Além disso, o planejamento urbano, embora envolva fundamentos interdisciplinares, na prática vem sendo realizado dentro do âmbito mais restrito do conhecimento. O planejamento da ocupação do espaço urbano no Brasil, não tem considerado aspectos fundamentais da drenagem urbana, descritos adiante, que trazem grandes transtornos e custos à sociedade e ao meio ambiente (Tucci, 1997).

Os prejuízos sócio-econômico-financeiros advindos desse panorama vêm se ampliando à medida que os limites urbanos aumentam ou a densificação se torna intensa. Os administradores públicos têm sido levados a buscar soluções alternativas para esses problemas, uma vez que as ações públicas atuais, em muitas cidades brasileiras, estão indevidamente voltadas para medidas estruturais com visão pontual, sendo os escassos recursos financeiros gastos de forma equivocada (Lanna, 1985).

Dessa forma, conhecidos os processos das cheias e suas conseqüências, faz-se necessário planejar a ocupação do espaço urbano com a infra-estrutura e as condições que evitem ou minimizem os impactos sócio-econômico-financeiros decorrentes de enchentes.

Uma proposta para a solução desse problema passa pela implementação do planejamento como ferramenta de gestão das cidades. O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) é o instrumento básico da política municipal de desenvolvimento e expansão urbana, que tem como objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes. O PDDU consiste, basicamente, em um instrumento definidor das diretrizes de planejamento e gestão territorial urbana, ou seja, do controle do uso, ocupação, parcelamento e expansão do solo urbano. Além desse conteúdo básico, é freqüente a inclusão de diretrizes sobre habitação, saneamento, sistema viário e transportes urbanos (Braga, 2001).

Nesse contexto, o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) é também um instrumento de gestão ambiental urbana, que, integrado ao PDDU e aos interesses majoritários da sociedade busca, essencialmente, planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana, compatibilizando esse desenvolvimento e a

infra-estrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais, contribuindo com o bem estar social e preservação ambiental.

Como consequência do exposto a proposição de um método para a elaboração e implantação de PDDrUs busca suprir uma demanda no planejamento e gestão das águas no ambiente urbano, sendo de grande relevância para o desenvolvimento sustentável. Assim, a importância dessa proposição baseia-se na ausência de métodos que norteiem a confecção de PDDrUs, uma vez que algumas cidades brasileiras já elaboraram tais planos, cada qual com forma e conteúdo diferentes.

2 – OBJETIVOS

A presente pesquisa tem como objetivo geral a elaboração de método para a formulação de Planos Diretores de Drenagem Urbana (PDDrUs), sob o enfoque do planejamento urbano sustentável, visando a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações.

Desta forma, busca-se realizar:

- ✓ Diagnóstico dos PDDrUs disponíveis no Brasil;
- ✓ Sistema de suporte à decisão para a elaboração e implementação de PDDrUs.

3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO

No início do século XX, a população urbana compunha cerca de 15% da população mundial, enquanto que ao final do mesmo século atingiu a marca de 50%, sendo esse processo de crescimento demográfico mais acentuado nos países em desenvolvimento (Tucci, 1995).

Nesse contexto, a ocupação urbana ocorreu e vem ocorrendo de forma desordenada, sem que haja o conseqüente acompanhamento necessário da infra-estrutura, que deveria estar associada ao processo de ocupação.

Os efeitos da urbanização são refletidos em todos os aparelhamentos urbanos, em especial àqueles relativos aos recursos hídricos: abastecimento de água; transporte e tratamento de efluentes domésticos, e drenagem pluvial. Assim, o impacto da urbanização altera a quantidade e qualidade da água. A Figura 3.1 apresenta a relação entre os diversos processos que ocorrem em uma área urbanizada ou em urbanização.

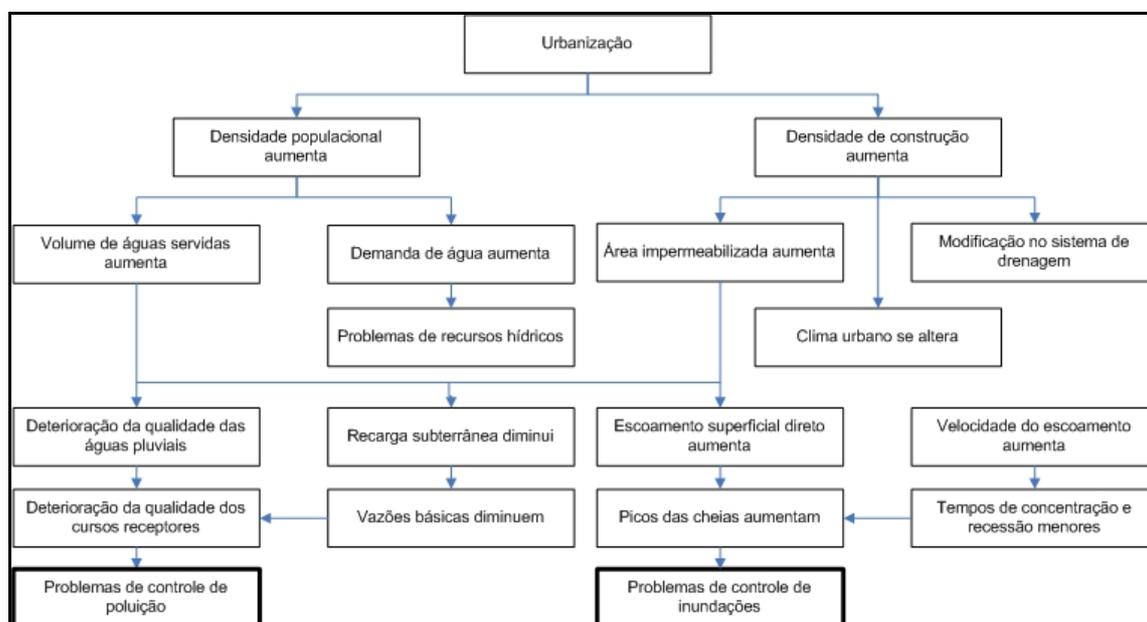


Figura 3.1 – Processos que ocorrem numa área urbanizada ou em urbanização (modificado – Hall, 1984 *apud* Porto *et al.*, 2001).

O desmatamento e a substituição da cobertura vegetal natural são fatores preponderantes na modificação do ciclo hidrológico no ambiente urbano. Esses fatores resultam, simultaneamente, na redução de tempo de concentração e no aumento do volume e velocidade do escoamento superficial, ocasionando extravasamento dos cursos d'água (Pompêo, 2000).

A urbanização proporciona a construção de obras de engenharia, ou seja, estruturas pouco permeáveis interpostas entre o solo e a chuva. A impermeabilização desencadeia o incremento do escoamento superficial e a redução da infiltração da água pluvial, promovendo uma mudança de regime de escoamento localmente mais drástica do que aquela provocada pelo desmatamento (Iwasa e Fendrich, 2001).

O impacto da urbanização pode produzir aumentos significativos no escoamento superficial em uma bacia hidrográfica. Segundo Tucci (2000), um habitante produz em média cerca de 49m² de área impermeável numa bacia, e para cada 10% de aumento na área impermeável, ocorre cerca de 100% de aumento no volume do escoamento superficial.

As bacias hidrográficas em condições naturais, em casos extremos, podem ter sua vazão de pico aumentada de até seis vezes em decorrência de alterações no escoamento superficial, conseqüência da urbanização (Tucci, 2001).

Pesquisas realizadas por estudiosos de diversos países atestam que os efluentes provenientes das chuvas efetivas no meio urbano podem transportar tanto ou até mais poluentes que o efluente secundário de estações de tratamento de esgotos domésticos (Gomes e Chaudhry, 1981). Durante o desenvolvimento urbano, o aumento do sedimento transportado pela bacia hidrográfica é significativo devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias, entre outras causas.

De maneira geral, as enchentes provocadas pela urbanização devem-se a diversos fatores, dentre os quais se destacam o excessivo parcelamento do solo e a conseqüente impermeabilização de grandes superfícies; a ocupação de áreas ribeirinhas tais como

várzeas, o leito maior de rios e as zonas alagadiças; a obstrução de canalizações por detritos e sedimentos, além de obras de drenagem concebidas sob conceitos ultrapassados.

3.1.1 – Enchentes urbanas

Inicialmente, se considera importante apresentar alguns conceitos amplamente utilizados, muitas vezes de forma equivocada, na literatura específica do tema drenagem urbana, visando esclarecer possíveis dúvidas que os mesmos podem suscitar ao longo desse texto.

Aqui, “cheia” é utilizada para significar a elevação do nível da água dos corpos hídricos, mananciais e afins sem, no entanto, escoar para as áreas adjacentes. As expressões “enchente” e “inundação” são consideradas palavras sinônimas empregadas para denominar situações de transbordamento de águas em rios, córregos, lagos, lagoas e galerias pluviais devido à falta de capacidade de transporte e/ou armazenamento desses sistemas, proporcionando o alagamento de áreas utilizadas para diversos fins pela população.

O termo “alagamento” é aplicado no sentido de acúmulo de água em locais de moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comércio e indústria, ocasionado por exemplo, por cheias urbanas associadas a sistemas de drenagem deficientes.

A distribuição da vazão em função do tempo numa dada seção de um curso d’água é usualmente chamada de hidrograma e é interpretada como sendo a resposta da bacia ou área de drenagem quando estimulada pelos eventos de chuva dessa área (Righetto, 1998).

O escoamento superficial ou deflúvio corresponde à parcela da água precipitada que permanece na superfície do terreno, sujeita à ação da gravidade que a conduz para cotas mais baixas (Jorge e Uehara, 2001). O conhecimento de sua ocorrência e de seu comportamento, na superfície da terra, é importante para o seu gerenciamento e controle de enchentes urbanas.

Esse escoamento depende das características hidráulicas dos solos e das rochas, da cobertura vegetal e das estruturas biológicas, assim como da forma da bacia de drenagem, da declividade de sua superfície e do teor de umidade dos seus terrenos. Nas áreas

ocupadas pelo homem, deve-se ainda considerar as diversas formas de uso do solo que intensificam ou atenuam o escoamento superficial.

Desta forma, as enchentes em áreas urbanas são decorrentes, basicamente, de dois processos que ocorrem isoladamente ou de forma integrada (Tucci, 1995):

- ✓ **Enchentes em áreas ribeirinhas:** são enchentes naturais em grandes bacias (superior a 1.000km²), onde o rio ocupa seu leito maior, geralmente com tempo de retorno superior a dois anos.
- ✓ **Urbanização:** são enchentes provocadas devido ao desenvolvimento urbano, ou seja, a impermeabilização do solo por meio de telhados, ruas, calçadas, estacionamentos, etc.

Os impactos das enchentes naturais sobre a população são intensificados, principalmente devido à: (1) ausência de restrições quanto ao loteamento de áreas de risco de inundação; (2) invasão de áreas ribeirinhas, que pertencem ao poder público, geralmente, pela população de baixa renda; (3) ocupação de áreas de médio risco, que são atingidas com menor frequência, porém quando o são, os prejuízos são significativos.

Além disso, as inundações localizadas normalmente ocorrem em diferentes pontos das cidades, isoladamente, ou devido à combinação das seguintes situações (Tucci, 1995): (1) estrangulamento da seção de condutos ou rio devido ao assoreamento, pilares, pontes, estradas, aterros e resíduos sólidos; (2) remanso devido à macrodrenagem, rio principal, lago, reservatório ou oceano; (3) erros na execução de projeto de drenagem de rodovias e avenidas, entre outros.

3.1.2 – Alteração da qualidade da água pluvial

A poluição gerada pelo escoamento superficial das águas pluviais em zonas urbanas é dita de origem difusa, oriunda de atividades que depositam poluentes, de forma esparsa, sobre a área de contribuição da bacia hidrográfica. Cinco condições caracterizam as fontes difusas de poluição (Novotny, 1991):

- ✓ O lançamento da carga poluidora é intermitente e está relacionado com a precipitação;
- ✓ Os poluentes são transportados a partir de extensas áreas;

- ✓ As cargas poluidoras não podem ser monitoradas a partir de seus pontos de origem, mesmo porque não é possível identificar exatamente sua origem;
- ✓ O controle da poluição de origem difusa, obrigatoriamente, deve incluir ações sobre a área geradora da poluição, ao invés de apenas tentar controlar o efluente gerado;
- ✓ É difícil o estabelecimento de padrões de qualidade para o lançamento do efluente, uma vez que a carga poluidora lançada varia de acordo com a intensidade e a duração do evento meteorológico, a extensão da área de produção e outros fatores que tornam a correlação vazão-carga poluidora difícil de ser estabelecida.

3.1.3 – Alteração da dinâmica de sedimentos

Os estudos dos processos sedimentológicos caracterizam o estado de degradação da bacia em termos de produção, transporte e/ou deposição de sedimentos. A magnitude, a distribuição temporal e espacial da descarga sólida nos cursos de água, bem como as características dos sedimentos que a compõe estão relacionados a esse tipo de estudo (Oliveira e Baptista, 1997).

A produção de sedimento é um processo de deslocamento, de seu local de origem, das partículas sólidas da superfície do solo ou das paredes dos leitos dos córregos e rios sob o efeito do escoamento (Bordas e Semmelmann, 2001).

O processo de transporte das partículas de sedimento pode se dar de várias maneiras. As partículas mais densas que a água se deslocam sobre o fundo do canal por rolamento, deslizamento ou eventualmente, por saltos curtos. As partículas mais leves se deslocam com o fluxo de massa d'água e constituem a descarga sólida em suspensão. As descargas sólidas provêm da bacia vertente, do fundo e/ou paredes da calha, enquanto o arraste é exclusivamente constituído de material encontrado no fundo do rio (Bordas e Semmelmann, 2001).

A deposição designa o processo da parada total da partícula em suspensão recém decantada sobre o fundo, ou aquela transportada por arraste. Difere da decantação ou sedimentação, embora seja por vezes confundida, pois uma partícula recém-decantada pode continuar movimentando-se após entrar em contato com o fundo, de acordo com as forças hidrodinâmicas existentes rentes ao fundo (Bordas e Semmelmann, 2001).

Quase não existem dados de produção de sedimentos em bacias urbanas, sendo que alguns estudos indicam um aumento de 5, 10 e até 50 vezes a produção de sedimento da bacia hidrográfica original, devido ao processo de urbanização (Ramos, 1995).

3.2 – DRENAGEM URBANA

Independente de haver um sistema de drenagem urbana adequado sempre haverá uma solicitação não permanente, isto é, durante e após a ocorrência de precipitações. A capacidade desses sistemas determinará os prejuízos ou benefícios aos quais a sociedade estará sujeita.

O objetivo principal dos sistemas urbanos de drenagem é de proteger e manter a saúde e a segurança das comunidades, além de proteger o ambiente natural, incluindo a fauna e a flora (Butler e Parkinson, 1997).

O sistema tradicional de drenagem urbana é composto por dois sistemas distintos que devem ser planejados e projetados sob critérios diferenciados: o sistema inicial de drenagem e o sistema de macro-drenagem (DEC, 2003).

O sistema inicial de drenagem ou de micro-drenagem ou, ainda, coletor de águas pluviais, é aquele composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, rede de galerias de águas pluviais e, também, canais de pequenas dimensões. O sistema de macro-drenagem é constituído, em geral, por canais (abertos ou fechados) de maiores dimensões (PMSP, 1999).

3.2.1 – Histórico

3.2.1.1 – Evolução no mundo

Durante a Idade Média, o aumento da população urbana associado à ausência de sistemas de saneamento e de informação acerca da saúde pública culminou em grandes epidemias ocorridas na Europa entre os séculos XIV e XIX (Malta, 2001).

A drenagem urbana progrediu, paulatinamente, a partir de meados do século XIX, seguindo uma seqüência, descrita por Desbordes (1987, *apud* Silveira, 1998), de três etapas: conceito higienista; racionalização e normatização dos cálculos hidrológicos; e abordagem científica e ambiental do ciclo hidrológico urbano.

A primeira etapa iniciou-se na Europa, onde por medida de saúde pública as águas empoçadas, assim como os dejetos domésticos deveriam ser evacuados rapidamente, para longe dos centros urbanos, por meio de canalizações. Surgem as primeiras relações quantitativas entre precipitação e escoamento com a finalidade de dimensionamento de obras de drenagem.

A segunda etapa é caracterizada pelo método racional e pela normatização dos cálculos, em que o princípio da evacuação rápida ainda vigora, porém com dados hidrológicos mais apurados para os cálculos de dimensionamento de obras hidráulicas.

A terceira etapa surge a partir de movimentos revolucionários das décadas de 60 e 70: consciência ecológica e explosão tecnológica. A poluição do esgoto pluvial passa a ser reconhecida, surgindo uma crescente cobrança pelos órgãos públicos ambientais, para que os mesmos fossem tratados.

O primeiro sistema construído à luz do conceito higienista foi em Hamburgo, em 1843, quando da reconstrução da cidade devido a um incêndio. Os dimensionamentos dessa época permitiram um bom funcionamento por várias décadas, mas depois da urbanização intensiva e do conseqüente aumento do uso da água, especialmente após a Segunda Guerra Mundial, desencadeou-se a insuficiência desses sistemas, por conseguinte as inundações nas áreas ocupadas das cidades (Chocat, 1997 *apud* Moura, 2004).

3.2.1.2 – Evolução no Brasil

A epidemia de cólera no Rio de Janeiro em 1855, que vitimou mais de cinco mil pessoas levou o Governo a decretar no ano seguinte, a imediata construção das redes de esgoto sanitário e águas pluviais da cidade, sendo implementado o sistema unitário – rede única de condutos para a drenagem dos efluentes pluvial e sanitário. Essa construção foi um

marco importante para a cidade do Rio de Janeiro, que se tornou a segunda capital do mundo a implantar uma rede de esgotamento sanitário (Santos Neto e Barros, 2003).

Nos anos anteriores à Proclamação da República, em 1889, ocorreu no Brasil um período de reformas urbanísticas dentro do conceito higienista. Essas reformas suscitaram debates sobre a urgência de sanear as aglomerações urbanas e remover a massa popular do centro para a periferia das cidades (Quadros e Franco, 1967).

No entanto, durante as primeiras décadas do século XX, o engenheiro urbanista e sanitarista Francisco Saturnino Rodrigues de Brito consolidou o conceito de evacuação rápida, com a rede de drenagem pluvial separada da rede de esgoto doméstico ou sistema separador absoluto (Tsutiya e Bueno, 2004).

O período entre 1964 e 1985, caracterizou-se pelo início dos investimentos na drenagem urbana, financiados por empréstimos internacionais. Em 1964, foi criado o Banco Nacional de Habitação – BNH, que em 1969 foi autorizado a destinar recursos provenientes do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço – FGTS, passando a haver um montante inédito de recursos, para esse setor do saneamento (Santos Neto e Barros, 2003).

O Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) planejou e executou diversas obras de regularização de cheias com recursos da União. Há pouco menos de duas décadas, os municípios ainda podiam obter esses recursos por meio de programas do tipo FIDREN (Financiamento e/ou Refinanciamento para a Implantação e/ou Melhoria de Sistemas de Drenagem) e FAS (Fundo e Apoio ao Desenvolvimento Social), geridos pela Caixa Econômica Federal (SNSA/PMSS, 2003).

O programa Prosaneamento, da Secretaria de Política Urbana (SEPURB) do Ministério do Planejamento, impôs maiores exigências para o financiamento de programas municipais de drenagem urbana ao se comparar aos demais segmentos do setor de saneamento. Por exemplo, o abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos apresentam taxa de juros anual de 5% e contrapartida do município para financiamentos de 10%, enquanto a drenagem urbana apresenta 8% e 20%, respectivamente (Champs *et al.*, 2001).

3.2.2 – Sistemas sustentáveis de drenagem urbana

A noção de sustentabilidade urbana implica em uma necessária inter-relação entre justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e a necessidade de desenvolvimento com respeito à capacidade de suporte do sistema (Hogan, 1993).

A preocupação com o tema do desenvolvimento sustentável introduz não apenas a sempre polêmica questão da capacidade de suporte do sistema de drenagem, mas também os alcances e limites das ações destinadas a reduzir os impactos derivados do cotidiano urbano e as respostas pautadas por rupturas no *modus operandi* da formulação de políticas públicas predominantes (Jacobi, 2002).

Nesse contexto, o planejamento dos serviços relacionados à água devem ser integrados ao próprio planejamento e desenvolvimento urbano, compreendendo desde o desenho da malha urbana, zoneamento de atividades, rede viária de transportes e os demais serviços de saneamento, tais como coleta e disposição final de resíduos sólidos, abastecimento de água, coleta e tratamento de efluentes domésticos e pluviais. Desse modo, a integração institucional deve refletir uma concepção sistêmica sustentável.

Os métodos de drenagem da água superficial que levam em consideração quantidade e qualidade da água, além do conforto ambiental são coletivamente referenciados como *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS), na Europa e LID (*Low Impact Development*), em Vancouver – Seattle e na costa leste dos Estados Unidos, em particular, Maryland, Washington DC e Florida. De modo geral, há uma profusão de documentos oriundos de experiências em países desenvolvidos envolvidos nessas iniciativas, incluindo as contribuições pioneiras de Schueler em 1987, que se refere ao controle do escoamento superficial da água no ambiente urbano através de Melhores Práticas de Gerenciamento (BMP – *Best Management Practices*) (Argue, 2002).

Para descrever o “novo pensamento” advindo do gerenciamento sustentável do ciclo da água no meio urbano, no início dos anos noventa, profissionais de equipes multidisciplinares e acadêmicos de Perth, Austrália, utilizaram o termo *Water-Sensitive Urban Drainage* (WSUD). Iniciativas paralelas também ocorreram no Japão denominadas *Experimental Sewer System* (ESS) (Argue, 2002).

Segundo Andoh e Iwugo (2002) os métodos citados são mais sustentáveis do que os convencionais de drenagem porque: controlam as taxas de escoamento, reduzindo o impacto da urbanização nas cheias; protegem ou melhoram a qualidade da água; atendem melhor às necessidades da comunidade local e contribuem com a recarga natural do lençol freático.

As medidas para o gerenciamento das águas pluviais combinam a aplicação de Melhores Práticas de Gerenciamento (BMP) às bacias urbanas, por meio de medidas estruturais e não-estruturais.

Segundo Tucci (2001), medidas não-estruturais no controle de cheias “são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes”. São exemplos dessas medidas: manual de drenagem das águas superficiais urbanas; programa de manutenção e inspeção do sistema de drenagem; zoneamento de áreas de inundação; programa de ação emergencial; previsão e alerta de inundação; construções à prova de enchente; seguro contra inundação; e educação ambiental.

As medidas estruturais do controle de enchentes “são aquelas que modificam o sistema de drenagem, evitando os prejuízos decorrentes das enchentes” (Tucci, 2001). São exemplos dessas medidas: construção de estacionamentos permeáveis; instalações de estruturas de armazenamento temporário das águas pluviais; aumento da capacidade de drenagem de canais abertos e tubulações da macrodrenagem; manutenção da cobertura vegetal; controle da erosão do solo; e implementação de diques e *polders* (Urbonas e Stahre, 1993).

BMP's são amplamente utilizadas em alguns países como diretrizes de projetos e implementações desenvolvidas. Enquanto nos EUA e Canadá as lagoas de retenção são particularmente populares, na Europa os sistemas de infiltração/percolação e retenção/retenção *on-site* são geralmente preferidos (Maršálek e Sztruhár, 1994).

3.2.2.1 – Medidas não-estruturais de controle de inundações urbanas

Segundo Tucci (2003), as medidas não-estruturais de controle da inundação podem ser agrupadas em:

✓ **Zoneamento de áreas de inundação**

A regulamentação do uso da terra ou zoneamento de áreas inundáveis envolve a definição da ocupação das áreas de risco na várzea. No seu desenvolvimento é necessário estabelecer o risco de inundação das diferentes cotas das áreas ribeirinhas. Nas áreas de maior risco não deve ser permitida a habitação, podendo haver recreação desde que o investimento seja baixo e os equipamentos presentes não se danifiquem como os parques e campos de esporte. Para as cotas com menores riscos são permitidas as construções com precauções especiais. Essa regulamentação deve estar contida no plano diretor do município.

O zoneamento das áreas de inundação engloba as seguintes etapas: (1) determinação do risco de enchentes; (2) mapeamento das áreas de inundação; (3) levantamento da ocupação da população na área de risco; (4) definição da ocupação ou zoneamento das áreas de risco.

✓ **Previsão e alerta de inundação**

A previsão e alerta de inundação é um sistema composto de aquisição de dados em tempo real, transmissão de informação para um centro de análise, previsão em tempo atual com modelo matemático e Plano de Defesa Civil que envolve ações individuais ou coletivas para reduzir as perdas durante as enchentes.

✓ **Construções à prova de enchentes**

As construções à prova de enchentes são definidas como o agrupamento de medidas determinadas com o intuito de reduzir as perdas de prédios localizados nas várzeas de inundação durante a ocorrência de cheias. Segundo Tucci (2005), alguns exemplos são:

- A vedação temporária ou permanente em frestas e aberturas das estruturas;
- A elevação de cota de estruturas existentes;
- Construção de pequenas estruturas de controle sob pilotis;
- A construção de pequenos diques circundando a estrutura objeto de proteção, e
- O uso de material resistente à água nas estruturas.

✓ Seguro contra enchentes

O seguro contra enchentes permite aos indivíduos ou empresas a obtenção de uma proteção econômica para as perdas decorrentes dos eventos de inundação. Os critérios tradicionais de segurabilidade são os seguintes: possibilidade de valoração econômica, aleatoriedade, condições e preços adequados ao risco (Righetto e Mendiondo, 2004).

As catástrofes provocadas por fenômenos naturais, como por exemplo, tempestades, enchentes e terremotos, são responsáveis pelas maiores indenizações da indústria do seguro.

As enchentes se comparadas com outras catástrofes naturais, ocupam o destaque de perdas em termos econômicos e fatalidades. O número de apólices de seguro contra perdas por enchentes continua relativamente baixo, se comparado com outros tipos de catástrofes naturais, como: tornados, tormentas e terremotos (Righetto e Mendiondo, 2004).

A combinação dessas medidas permite reduzir os impactos das cheias e melhorar o planejamento da ocupação da várzea. Como o zoneamento de inundação pressupõe a ocupação com risco, torna-se necessário que exista um sistema de alerta para avisar a população sobre o risco durante a enchente. O seguro e a proteção individual contra enchentes são medidas complementares, necessárias para minimizar impactos sobre a economia da população.

3.2.2.2 – Medidas estruturais de controle de inundações urbanas

As medidas estruturais são obras de engenharia implementadas para reduzir o risco de enchentes. Essas medidas podem ser extensivas ou intensivas. As medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, com intuito de modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchente e controla os processos erosivos da bacia hidrográfica. As medidas intensivas são aquelas que agem no rio e podem ser de três tipos (Tucci, 2003):

- ✓ Aceleram o escoamento: construção de diques e *polders*, aumento da capacidade de descarga e corte de meandros dos rios;

- ✓ Retardam o escoamento: reservatórios e as bacias de amortecimento;
- ✓ Desvios do escoamento, tais como canais de desvio.

Segundo Tucci e Genz (1995), as medidas de controle estruturais do escoamento podem ser classificadas, de acordo com a sua ação na bacia hidrográfica, em:

- ✓ **Distribuída:** tipo de controle que atua sobre o lote, praça e passeios;
- ✓ **Na microdrenagem:** controle que age sobre o hidrograma resultante de um ou mais loteamentos;
- ✓ **Na macrodrenagem:** controle sobre os principais corpos d'água urbanos.

As medidas podem ser organizadas de acordo com o tipo de ação sobre o hidrograma em (Tucci e Genz, 1995):

- ✓ **Infiltração e percolação:** normalmente, criam-se espaços para que a água armazenada tenha maior infiltração e percolação no solo, utilizando o armazenamento e o fluxo subterrâneo para retardar o escoamento superficial. Podem ser utilizadas estruturas do tipo valo de infiltração, poço de infiltração, pavimento permeável e trincheira de infiltração.
- ✓ **Armazenamento:** através de reservatórios, que podem possuir dimensões adaptadas para o uso em residências, ou para o porte da macrodrenagem urbana. O efeito do reservatório é de reter parte do volume do escoamento superficial, reduzindo o seu pico e distribuindo a vazão no tempo. As estruturas que utilizam armazenamento são, por exemplo: bacias de retenção e telhados armazenadores. É possível combinar, por exemplo, estruturas com o princípio da infiltração às de armazenamento.
- ✓ **Aumento da eficiência do escoamento:** através de condutos e canais, drenando áreas inundadas; diques e *polders* que reduzem as áreas de inundação. Esses tipos de soluções tendem a transferir enchentes de uma área para outra, gerando benefício quando utilizado em conjunto com soluções de retenção e/ou infiltração, como exutório.

A seguir serão descritas algumas concepções de intervenção apresentadas com o intuito de melhor entender os seus respectivos funcionamentos, bem como os seus efeitos positivos e negativos sobre a rede de drenagem.

✓ Valos de infiltração

Os valos de infiltração são dispositivos de drenagem lateral, com ou sem dispositivo de percolação, geralmente utilizados paralelos às ruas, estradas e estacionamento (Figura 3.2 e 3.3).

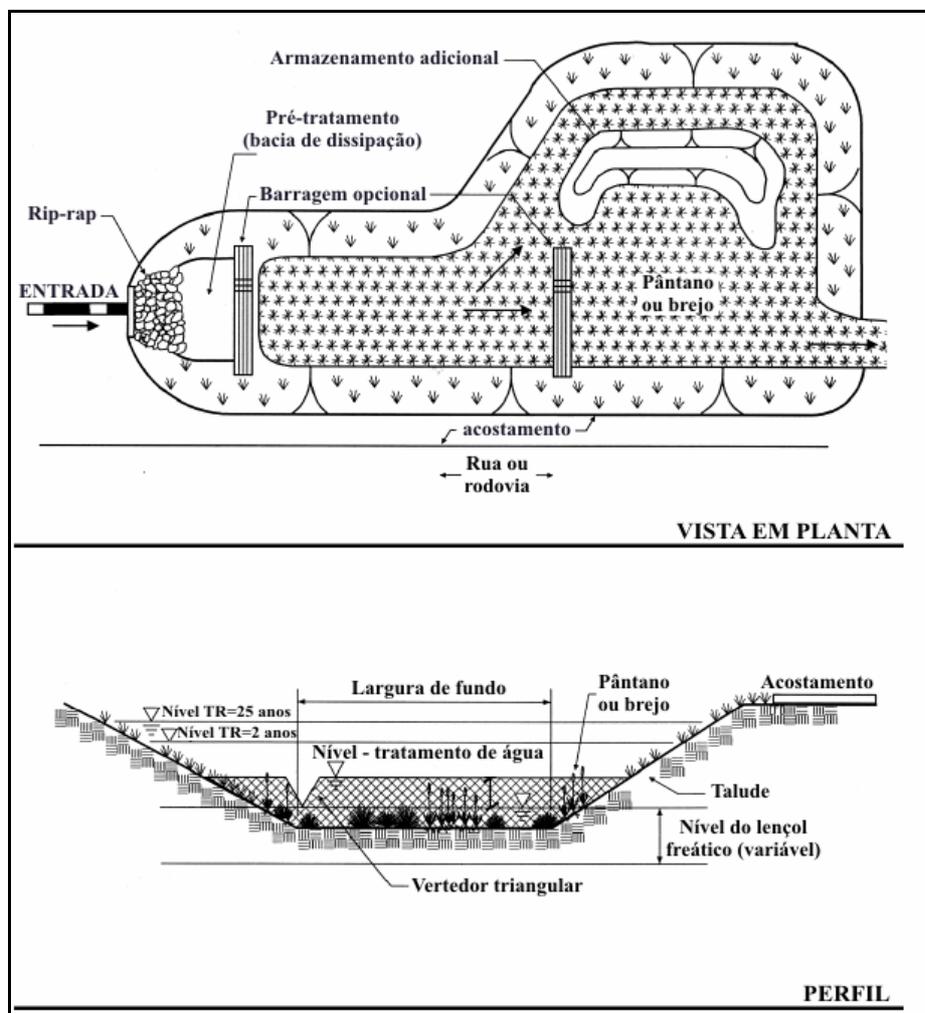


Figura 3.2 – Valo de infiltração sem dispositivo de percolação (traduzido – NCTCG, 2004b).

Os valos de infiltração com dispositivo de percolação (Figura 3.3) permitem aumentar a recarga do lençol e reduzir o escoamento superficial. Essa medida de controle é recomendada apenas para os locais onde o lençol freático é mais profundo.

Esses valos concentram o fluxo de áreas adjacentes e criam condições para uma infiltração ao longo de seu comprimento. Após uma precipitação intensa, o nível sobe e, como a infiltração é mais lenta, mantém-se com água durante algum tempo (Tucci e Genz, 1995). A Tabela 3.1 apresenta as vantagens e inconvenientes da utilização de valos de infiltração.

Tabela 3.1 – Vantagens e inconvenientes da utilização de valos de infiltração (baseado em Castro, 2002).

Vantagens	Inconvenientes
Redução das vazões escoadas a jusante; Ganho financeiro com a redução das dimensões das tubulações da rede de drenagem; Podem ser integradas facilmente ao paisagismo e em áreas de lazer ou de esportes.	Grande risco de colmatção; Necessidade de manutenção freqüente; Risco de poluição do aquífero; Risco de estagnação da água.

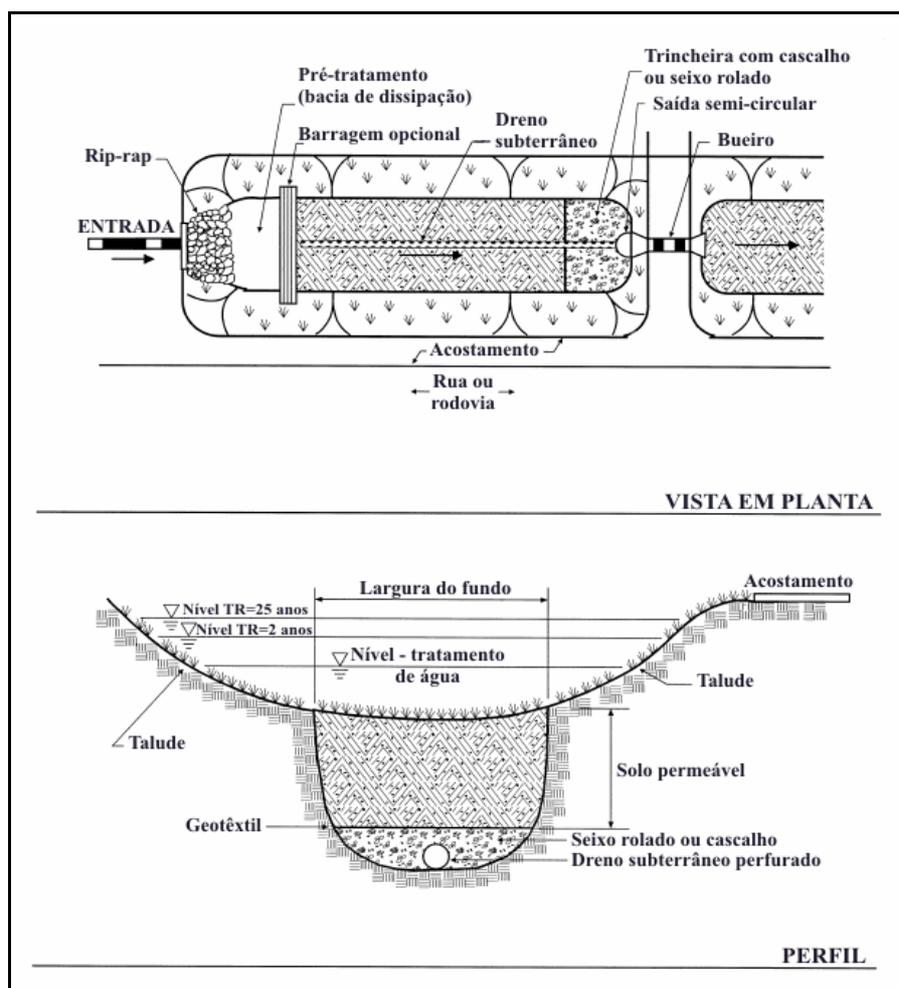


Figura 3.3 – Valo de infiltração com dispositivo de percolação (traduzido – NCTCG, 2004b).

✓ Poços de infiltração

Os poços de infiltração são geralmente utilizados para drenar áreas de poucos milhares de metros quadrados. Uma de suas características mais importantes é o fato de poderem ser aplicados em regiões onde o solo superficial tem pouca permeabilidade e as camadas mais profundas apresentam grande permeabilidade. Podem também ser usados conjuntamente

com outras técnicas com função de exutório, por exemplo, no caso de trincheiras de retenção ou de valetas (Azzout, 1994 *apud* Souza 2002).

A Figura 3.4 esquematiza a integração de poços de infiltração ao meio urbano, ocupando espaços relativamente pequenos. A Tabela 3.2 apresenta as vantagens e inconvenientes da utilização dessa medida de controle.

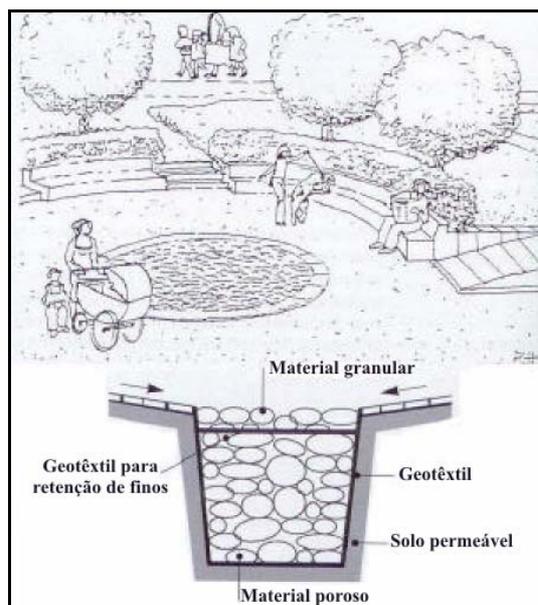


Figura 3.4 – Integração de poços de infiltração com o espaço urbano (Souza, 2002).

Tabela 3.2 – Vantagens e inconvenientes da utilização de poços de infiltração (baseado em Castro, 2002).

Vantagens	Inconvenientes
Redução dos volumes drenados pela rede de drenagem; Ganho financeiro, com a redução das dimensões das tubulações de drenagem; Baixos custos de investimentos; Boa integração com o meio urbano; Não necessita de exutório; Possibilita a recarga do aquífero; Não há grandes restrições em função da topografia.	Possibilidade de colmatção das superfícies de infiltração; Necessidade de manutenção regular; Risco de poluição do lençol subterrâneo; Baixa capacidade de armazenamento.

✓ Pavimentos permeáveis

Os pavimentos permeáveis são dispositivos hidráulicos que permitem a redução do escoamento em passeios, estacionamentos, quadras de esporte e ruas de pouco tráfego. A

sua construção pode se dar de duas formas: com módulos de concreto vazado e com concreto ou asfalto da mesma forma que os pavimentos tradicionais, no entanto com a retirada de materiais finos da mistura (Urbonas e Stahre, 1993).

Os pavimentos porosos (Figura 3.5) proporcionam benefícios para a qualidade da água, recarga do lençol freático e a redução do volume de água pluvial (ARC, 2001b). Além desse tipo de superfície, existem os pavimentos construídos com módulos de concretos vazados (Figura 3.6 e 3.7) com ou sem sistema de armazenamento das águas pluviais. A Tabela 3.3 apresenta as vantagens e inconvenientes da utilização de pavimentos permeáveis como estrutura de controle de inundações.

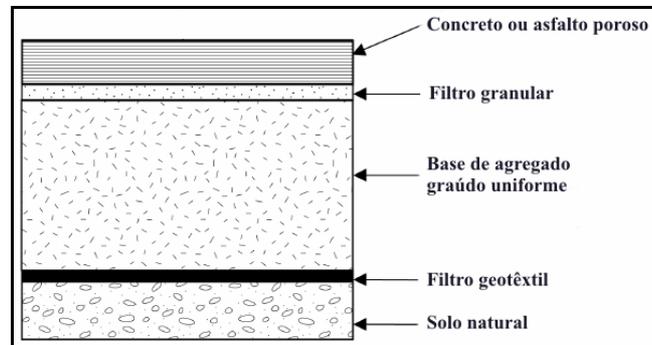


Figura 3.5 – Perfil vertical de pavimento poroso (traduzido – NJDEP, 2004).

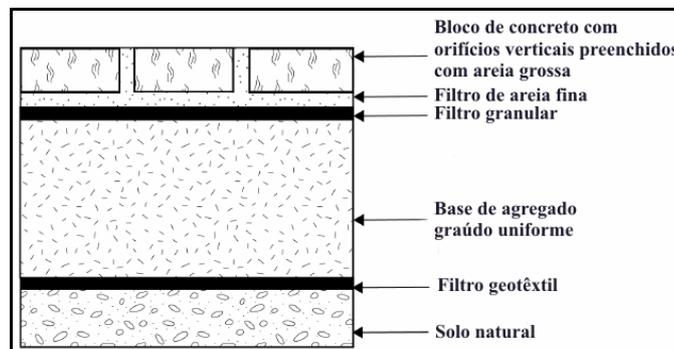


Figura 3.6 – Perfil vertical de pavimento permeável com armazenagem (traduzido – NJDEP, 2004).

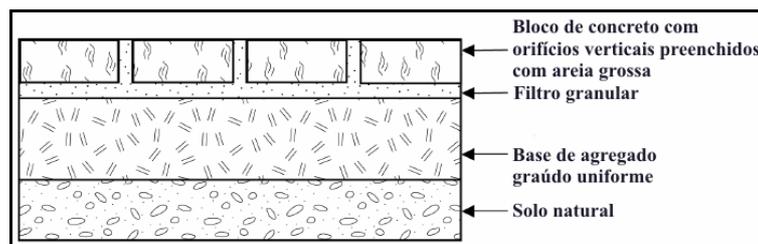


Figura 3.7 – Perfil vertical de pavimento permeável sem armazenagem (traduzido – NJDEP, 2004).

Tabela 3.3 – Vantagens e inconvenientes da utilização de pavimentos permeáveis (baseado em Castro, 2002).

	Vantagens	Inconvenientes
Pavimento Poroso	Redução das vazões de pico, através do armazenamento temporário; Ganho financeiro, com a redução das dimensões das tubulações a jusante. Filtração de poluentes; Redução dos níveis sonoros; Melhor aderência à circulação de veículos; Redução do risco de aquaplanagem; Melhor aspecto visual, devido à ausência de poças de água.	Risco de poluição do aquífero nos locais onde ocorre a infiltração; Possibilidade de colmatção do pavimento poroso; Necessidade de manutenção freqüente; Não há ainda muitos estudos ou experiências da utilização em áreas de grande tráfego de veículos; Custo superior aos pavimentos tradicionais.

✓ **Trincheiras de infiltração**

As trincheiras de infiltração, trincheiras de percolação ou trincheiras drenantes são medidas de controle na fonte e têm seu princípio de funcionamento no armazenamento temporário da água até que ela se infiltre no solo (Souza, 1999). A Figura 3.8 apresenta uma trincheira de infiltração típica.

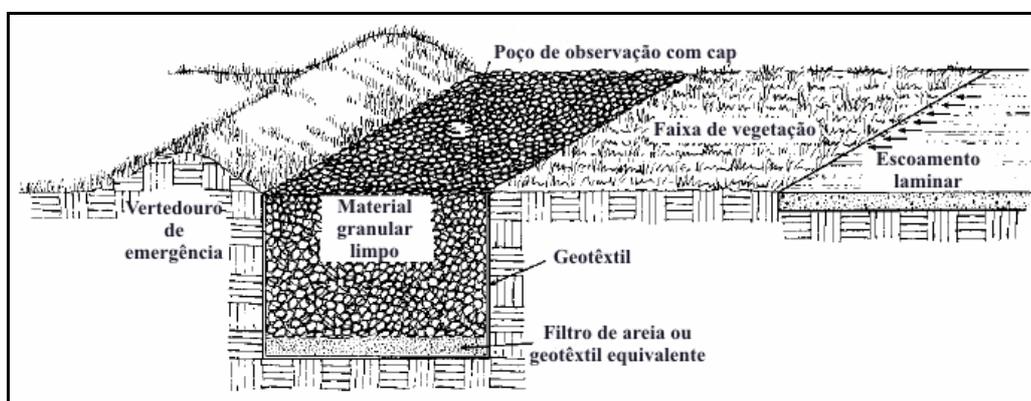


Figura 3.8 – Trincheira de infiltração típica (traduzido – ARC, 2001b).

As trincheiras de infiltração são constituídas por valetas preenchidas por material granular (seixos rolados, brita, dentre outros) com porosidade em torno de 35%, dependendo do material utilizado. Esse material granular é revestido por um filtro geo-têxtil, que, além da função estrutural, impede a entrada de finos ao dispositivo, reduzindo o risco de colmatção precoce e podendo trabalhar como filtro anti-contaminante (Souza, 2002). A Tabela 3.4 apresenta as vantagens e inconvenientes da utilização de trincheiras de infiltração.

Tabela 3.4 – Vantagens e inconvenientes da utilização de trincheiras de infiltração (baseado em Castro, 2002 e Souza, 2002).

Vantagens	Inconvenientes
Redução das vazões de pico escoadas a jusante; Ganho financeiro, com a redução das dimensões das tubulações a jusante; É de fácil construção; Podem ser utilizados diversos tipos de material, de acordo com a disponibilidade e o projeto; É uma técnica que se integra ao meio urbano com grande facilidade, ocupando pequenos espaços. Permitem que o espaço seja utilizado para outras atividades	Necessidade de uma manutenção freqüente; Não aplicável em áreas de forte declividade; Possibilidade de colmatação; Dificuldade no tratamento biológico da água do escoamento superficial; Risco de poluição do lençol freático; Difícil monitoramento quanto ao desempenho e ao funcionamento.

✓ **Bacias de detenção**

As bacias de detenção são obras hidráulicas de drenagem urbana com a finalidade de estocar temporariamente e/ou infiltrar as águas pluviais, determinando o rearranjo temporal e/ou a redução das vazões escoadas (Chocat, 1997 *apud* Castro, 2002). A Figura 3.9 apresenta um exemplo de bacia de detenção.

De acordo com a sua forma de operação, as bacias de detenção podem ser divididas em:

- ✓ **Bacias de retenção** (Figura 3.10): quando a finalidade única é a de estocar temporariamente as águas, proporcionando o rearranjo temporal das vazões. Essa medida de controle caracteriza-se pela permanente presença de espelho d'água;
- ✓ **Bacias de infiltração** (Figura 3.11): são utilizadas para a detenção de águas pluviais em locais de solos permeáveis com a finalidade de infiltrá-las totalmente, implicando em um volume de escoamento nulo a jusante; e
- ✓ **Bacias de retenção e infiltração**: combina as características das duas primeiras, infiltrando parte das águas pluviais, de forma a reduzir os volumes escoados a jusante e assim, proporcionando o rearranjo temporal das vazões (Chocat, 1997 *apud* Moura, 2004).

A Tabela 3.5 apresenta as vantagens e inconvenientes da utilização dessa medida de controle.

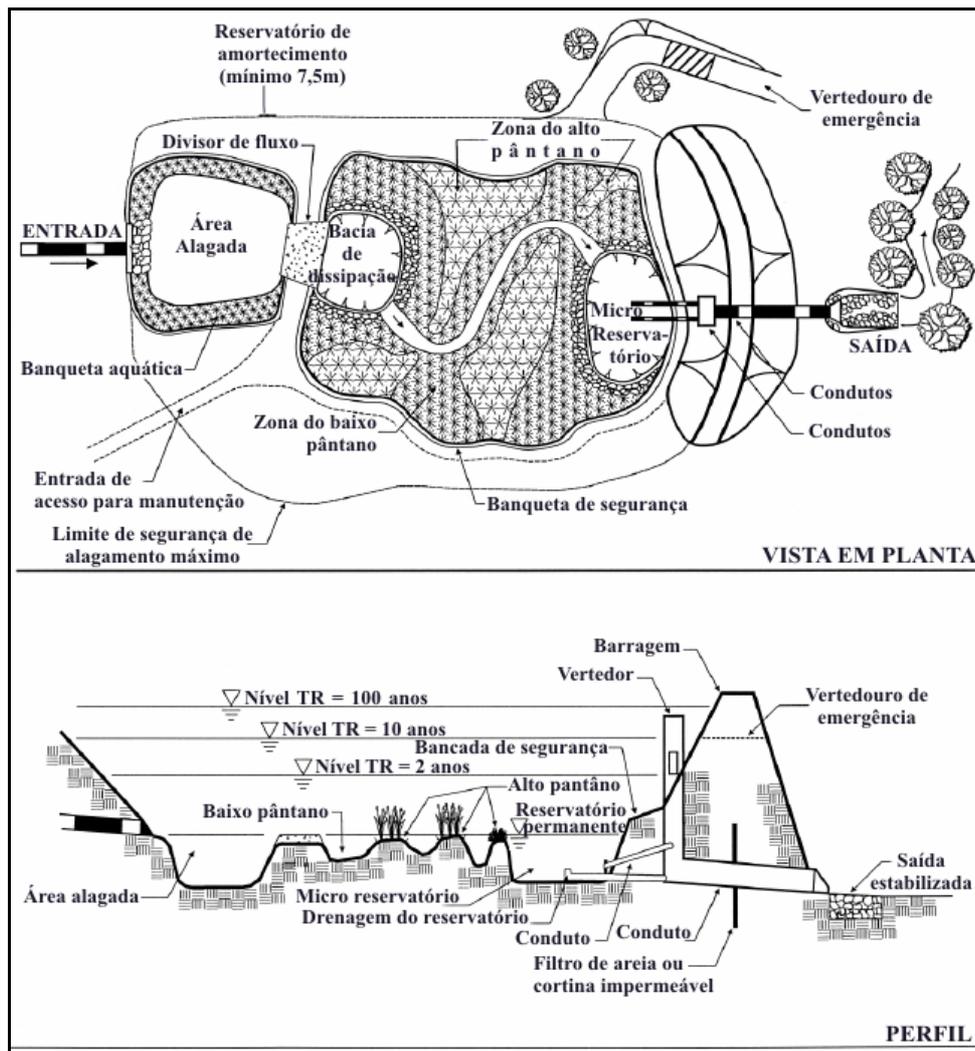


Figura 3.9 – Exemplo de bacia de retenção (traduzido – MDE, 2000b).

Tabela 3.5 – Vantagens e inconvenientes da utilização de bacias de retenção (baseado em CERTU, 1998 *apud* Castro, 2002).

Vantagens	Inconvenientes
Efeito paisagístico, com a criação de áreas verdes em meio urbano;	Risco à segurança dos moradores das margens;
Criação de áreas de lazer para desempenho de atividades náuticas e de pesca, nos casos das bacias com água;	Ocupação de grandes áreas;
Armazenamento de volumes de água que podem ser utilizados para outros fins (reserva para incêndio ou irrigação de jardins);	Risco de poluição de aquífero nos casos de bacia de infiltração;
No caso de bacias de infiltração, há um grande ganho com a recarga de aquífero e a não necessidade de exutório;	Risco de proliferação de insetos e doenças veiculadas por eles nas áreas próximas à da bacia.
No caso de bacias secas, suas áreas podem ser utilizadas para a prática de esportes;	
Aspecto positivo quanto à qualidade da água, possibilitando a decantação de sólidos;	

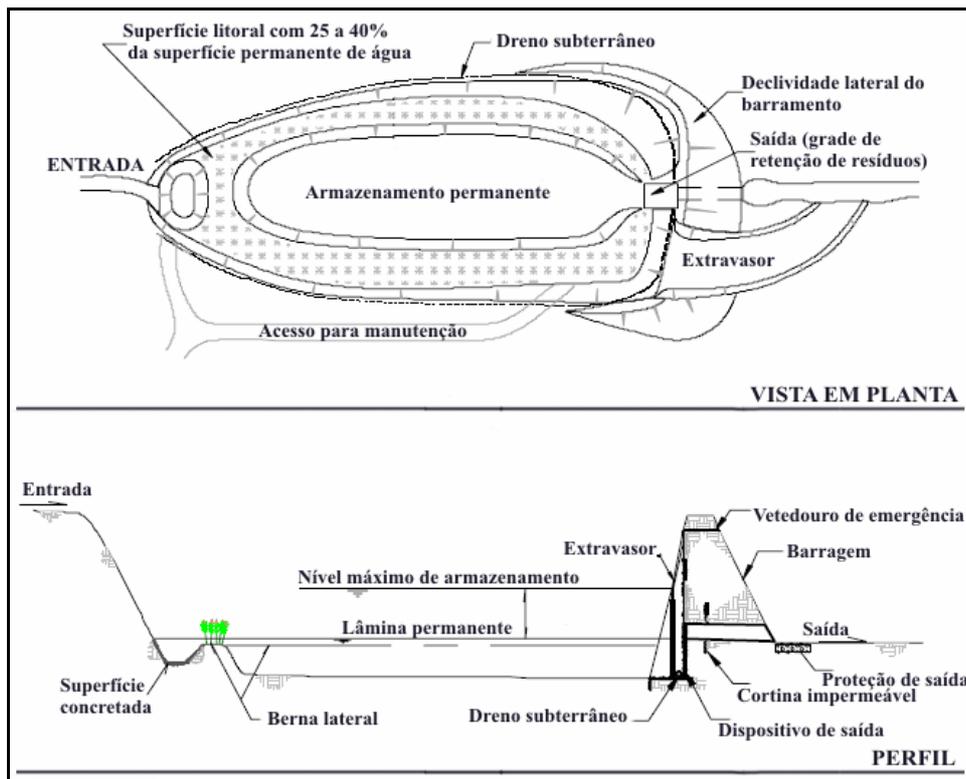


Figura 3.10 – Exemplo de bacia de retenção (traduzido – UDFCD, 2002).

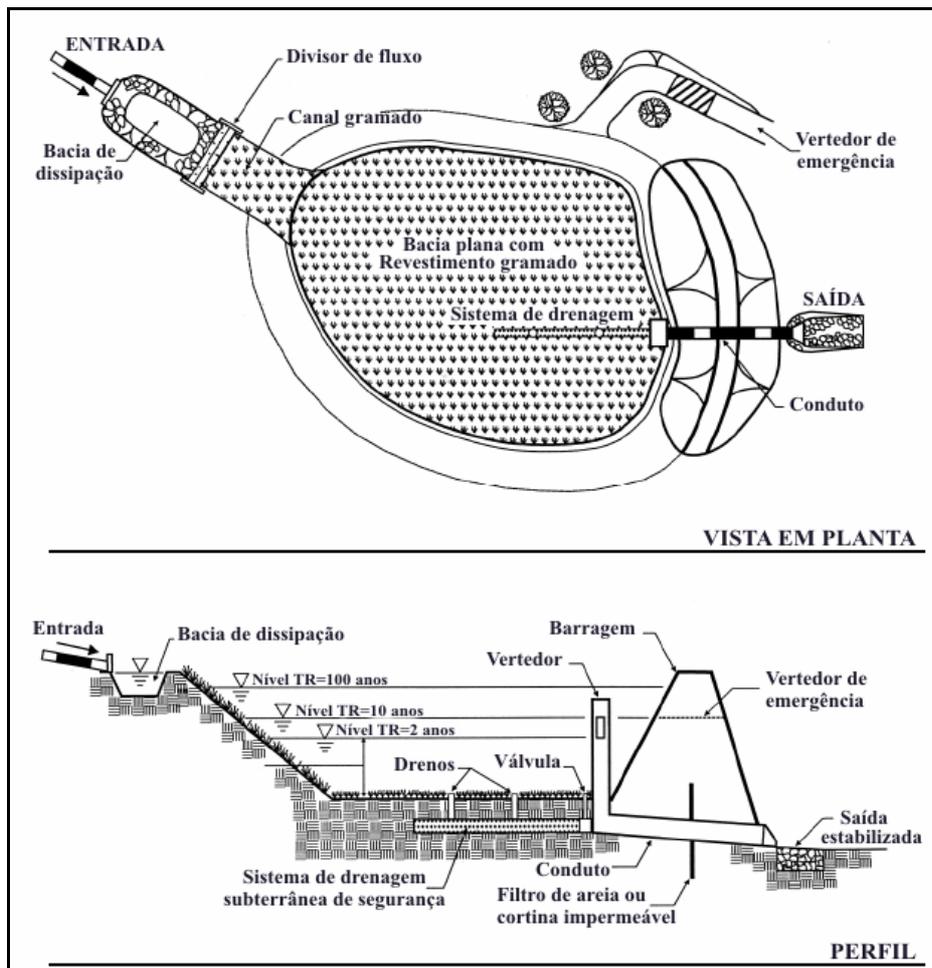


Figura 3.11 – Exemplo de bacia de infiltração (traduzido – MDE, 2000b).

Essas medidas de controle são utilizadas na macrodrenagem e na microdrenagem, sendo as dimensões a diferença entre as aplicações. Os reservatórios de detenção (Figura 3.12) e de retenção (Figura 3.13) são as nomenclaturas para a aplicação à microdrenagem, enquanto as bacias de detenção e retenção se referem à macrodrenagem (D'Altério, 2004).

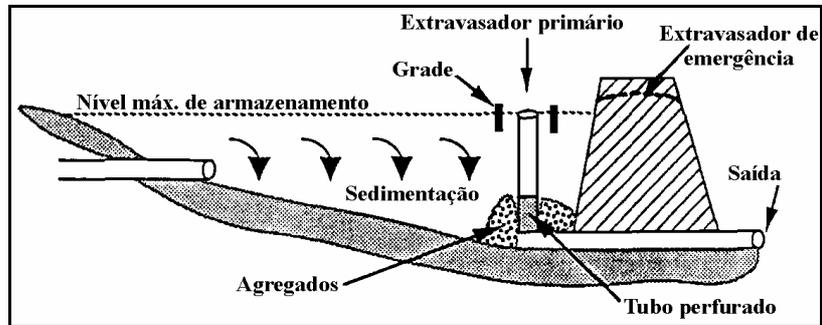


Figura 3.12 – Perfil vertical de reservatório de detenção (traduzido – Urbonas e Roesner, 1993).

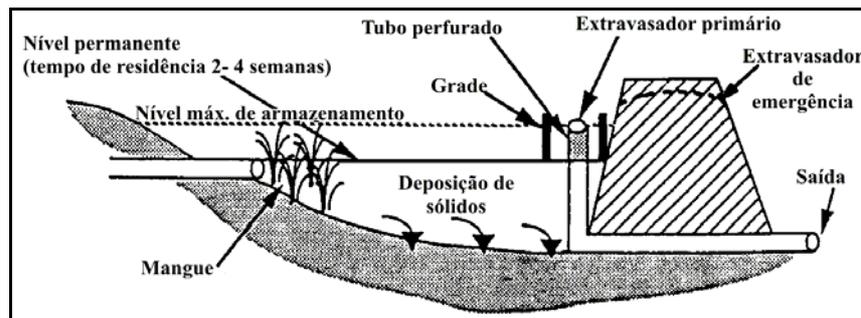


Figura 3.13 – Perfil vertical de reservatório de retenção (traduzido – Urbonas e Roesner, 1993).

Os parques públicos e praças são locais que dispõem de espaço e tendem a não ser utilizados durante a chuva. São, portanto, considerados locais apropriados para a instalação desses reservatórios ou bacias de amortecimento de inundações (SEMADS, 2001).

✓ Telhados armazenadores

Uma das possibilidades para a redução do escoamento das águas de chuva é o armazenamento provisório dessas águas nos telhados (Figura 3.14), limitando a descarga a uma determinada vazão máxima através de dispositivos de regulação de vazão. Azzout *et al.* (1994, *apud* Castro 2002) recomendam que essa técnica seja utilizada para telhados com declividade nula ou variando de 0,1 a 5,0%.

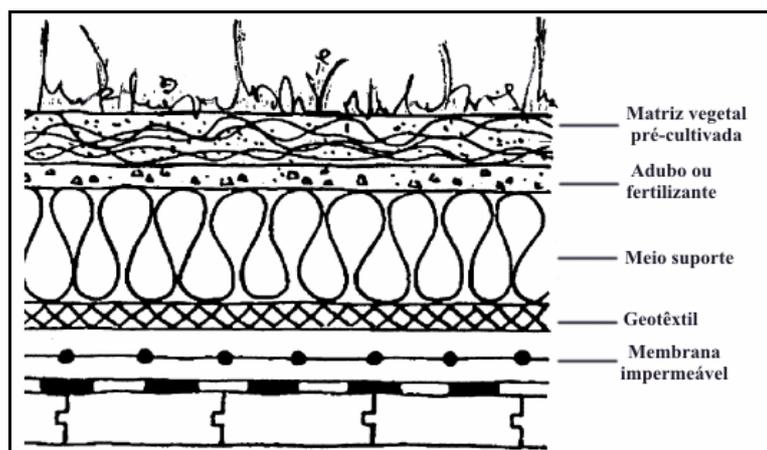


Figura 3.14 – Perfil vertical de telhado armazenador (traduzido – EPA, 1999).

Esse tipo de controle é de difícil aplicação à realidade brasileira devido às características climáticas e ao tipo de material usualmente utilizado nas coberturas residenciais do Brasil (D’Altério, 2004). A Tabela 3.6 apresenta resumidamente as vantagens e inconvenientes da utilização de telhados armazenadores.

Tabela 3.6 – Vantagens e inconvenientes da utilização de telhados armazenadores (baseado em Castro, 2002).

Vantagens	Inconvenientes
<p>Redução da vazão escoada à jusante; Ganho financeiro, com a redução das dimensões das tubulações de jusante; Diminuição do risco de inundação, com a redução dos picos de vazões escoadas; Não necessita muitos investimentos; Boa integração no meio urbano; Não há diferenças técnicas na construção em relação aos telhados convencionais.</p>	<p>Necessidade de manutenção regular; Necessidade de cálculos de estabilidade para a utilização sobre telhados existentes; Dificuldade de utilização em telhados com declividades elevadas; Necessidade de precauções adicionais em relação à estanqueidade.</p>

✓ Canalização

A canalização é uma medida estrutural intensiva de aumento da eficiência do escoamento, transferindo para a região jusante da bacia uma vazão de projeto. A canalização (Figura 3.15) amplia a capacidade de transporte de um rio por meio do aumento da seção, diminuição da rugosidade e o aumento da declividade de fundo (Tucci e Genz, 1995). A Tabela 3.7 apresenta resumidamente as vantagens e inconvenientes da utilização de canalizações.

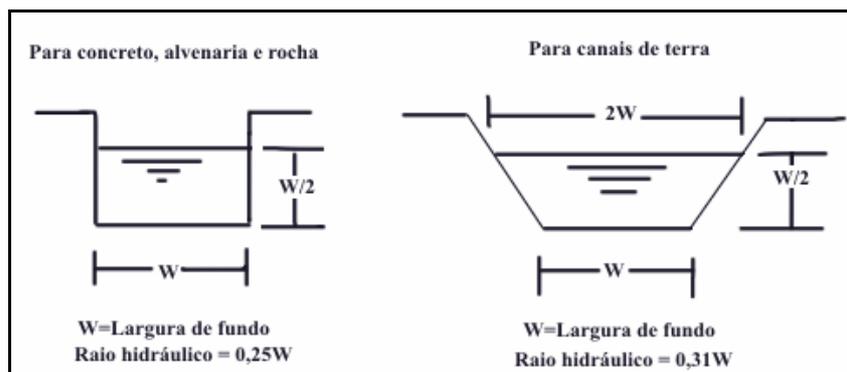


Figura 3.15 – Exemplo de tipos de canalização (Breslin, 1980).

Tabela 3.7 – Vantagens e inconvenientes da utilização de canalizações (baseado em Castro, 2002).

Vantagens	Inconvenientes
<p>Permite que as áreas adjacentes ao manancial sejam utilizadas como vias de acesso;</p> <p>Podem ser utilizados diversos tipos de material, de acordo com a disponibilidade e o projeto.</p>	<p>Possibilidade de redução da eficiência de escoamento devido à presença de resíduos sólidos e outros tipos de interferências.</p> <p>Restrições financeiras para a utilização em áreas de grande declividade;</p> <p>Aumento da vazão escoada para jusante.</p>

✓ Diques e polders

Os diques são barramentos que margeiam o rio, impedindo o alagamento das várzeas de inundação. Eles podem ser de dois tipos (D'Altério, 2004):

- ✓ **Diques perimetrais:** proporcionam a proteção contra inundações de uma determinada região sem que haja confinamento do escoamento, protegendo-se apenas uma margem do curso d'água, portanto sem elevação do nível d'água.
- ✓ **Diques longitudinais:** proporcionam a proteção contra inundações de uma determinada região com confinamento do escoamento, diminuindo a seção transversal do curso d'água, o que provoca elevação do nível d'água. Porém, aumenta também a eficiência hidráulica do rio, aumentando sua velocidade, e por consequência, sua capacidade de vazão.

O *polder* é uma porção de terreno baixo, ou faixa de recuo, que constitui uma estrutura de controle de inundação, situada entre o dique e o rio. Alguns *polders* devem ser drenados por meio de bombas a fim de impedir a subida do nível da água, nas áreas de contribuição laterais. Outros podem ser drenados ao se abrir comportas na maré baixa (Tucci, 2005).

Os alinhamentos dos diques estão relacionados às características físicas do local, tais como a disponibilidade de área para a sua construção e a existência de habitat sensível no local do projeto.

Os diques recuados (Figura 3.16) da margem do rio apresentam alguns benefícios, quando comparados aos diques da orla fluvial (Figura 3.17), tais como: preservação das áreas de proteção ambiental; redução do pico de cheia; redução da velocidade de escoamento e da erosão das margens; além da redução em longo prazo dos custos com a manutenção devido a menor incidência das cheias contra os taludes (FHMS/EPD, 2003).

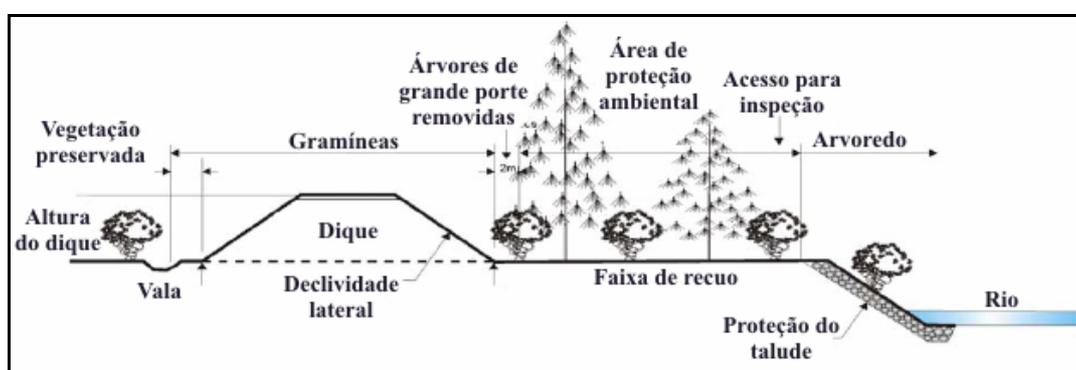


Figura 3.16 – Exemplo de dique recuado da margem do rio (traduzido – FHMS/EPD, 2003).

O uso desse tipo de medida de controle da drenagem urbana está restrito aos casos extremos, onde não há espaço para medidas de armazenamento, percolação ou infiltração, pois apresenta custos elevados e representa uma significativa alteração do sistema de drenagem natural (D'Altério, 2004). A Tabela 3.8 apresenta resumidamente as vantagens e inconvenientes da utilização de diques de proteção contra inundação.

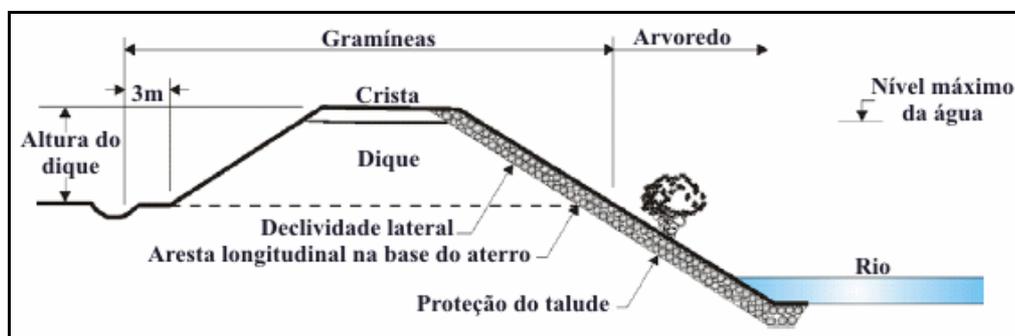


Figura 3.17 – Exemplo de dique rente à margem do rio (traduzido – FHMS/EPD, 2003).

Tabela 3.8 – Vantagens e inconvenientes da utilização de diques (Fadiga Junior, 2001).

Vantagens	Inconvenientes
Menores perdas de carga, sem a redução da área da seção transversal;	Requer projeto cuidadoso e a manutenção deve ser cuidadosa e contínua;
Proteção contra ondas de cheia, independentemente da resistência do talude da margem;	Consumem maior volume de material;
Pode ser utilizado em raios curtos.	Complexidade de construção;
	Pode sofrer destruição no caso de uma falha pontual.

3.2.3 – Quadro situacional da drenagem urbana no Brasil

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) – 2000 revela que os serviços de drenagem nos municípios variam segundo o porte populacional. A Figura 3.18 mostra que dos municípios com até 20 mil habitantes, 74,8% possuem rede de drenagem, na medida em que a população cresce a proporção do serviço aumenta (IBGE, 2002).

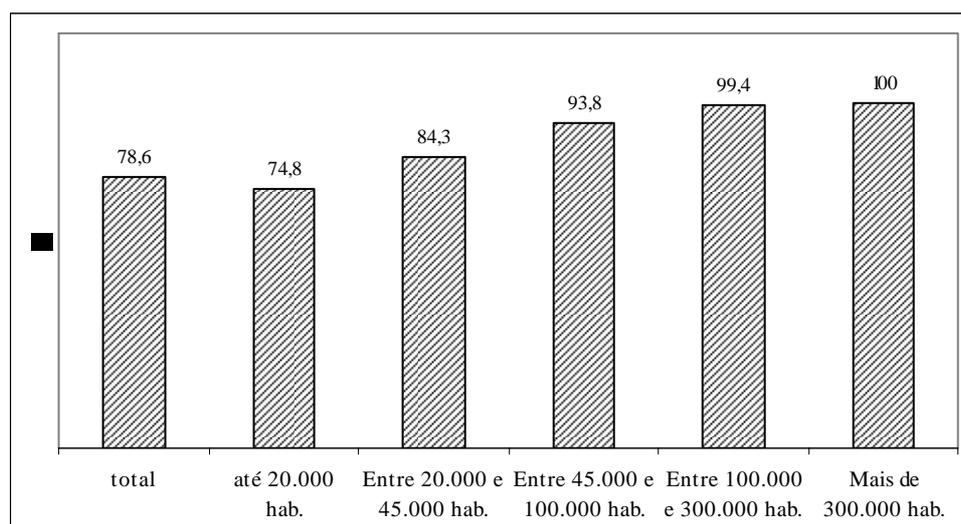


Figura 3.18: Municípios com serviços de drenagem urbana, segundo os estratos populacionais em 2000 (IBGE, 2002).

A distribuição das redes de drenagem tende a ser favorável às áreas mais desenvolvidas. Na região Sul, 94,4% dos municípios possuem rede de drenagem, contra 49,4% da região Norte (Figura 3.19).

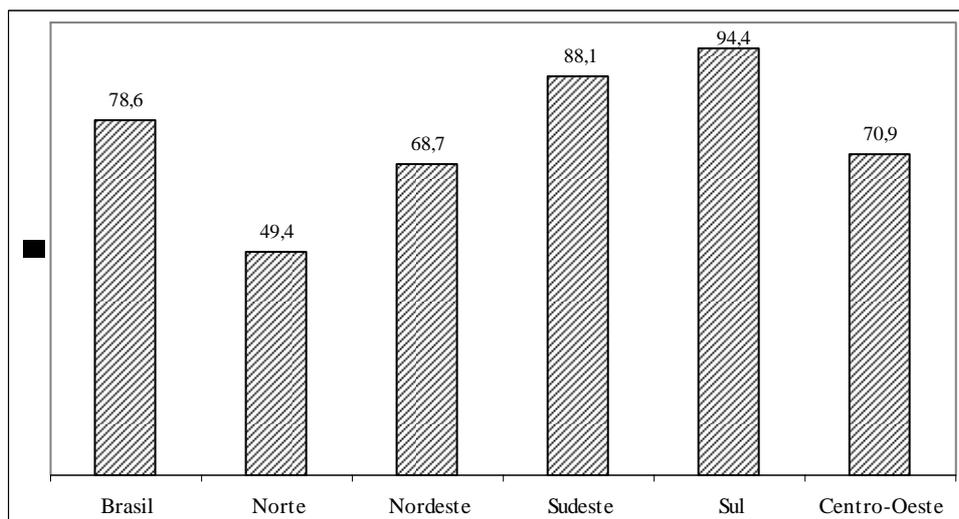


Figura 3.19: Municípios com serviços de drenagem urbana, segundo as Grandes Regiões em 2000 (IBGE, 2002).

Segundo a PNSB – 2000, 69,5% dos municípios brasileiros com rede de drenagem apresentam sistema subterrâneo. Desses municípios, 21,1% utilizam rede coletora unitária (Figura 3.20). Essa configuração de rede representa uma alternativa a ser considerada no planejamento de pequenas comunidades ou municípios de pequeno porte, no intuito de reduzir custos associados à implantação de sistemas de esgotamento de águas pluviais do meio urbano (Bernardes e Soares, 2004).

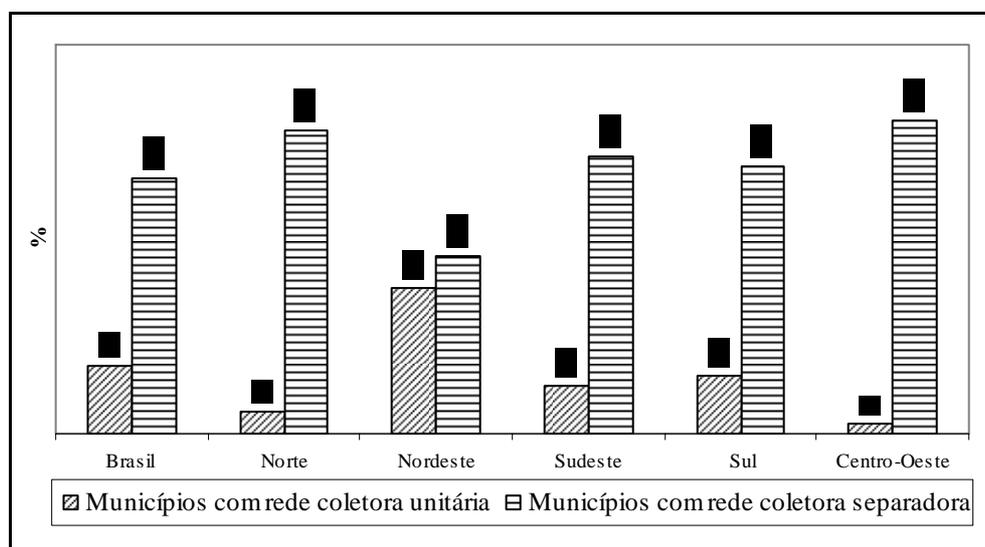


Figura 3.20: Municípios com drenagem urbana subterrânea, por tipo, segundo as Grandes Regiões em 2000 (IBGE, 2002).

Em todo o país, somente 7,5% dos municípios apresentam sistemas alternativos para minimização de problemas gerados pela urbanização, tais como: reservatórios de acumulação ou detenção (Figura 3.21).

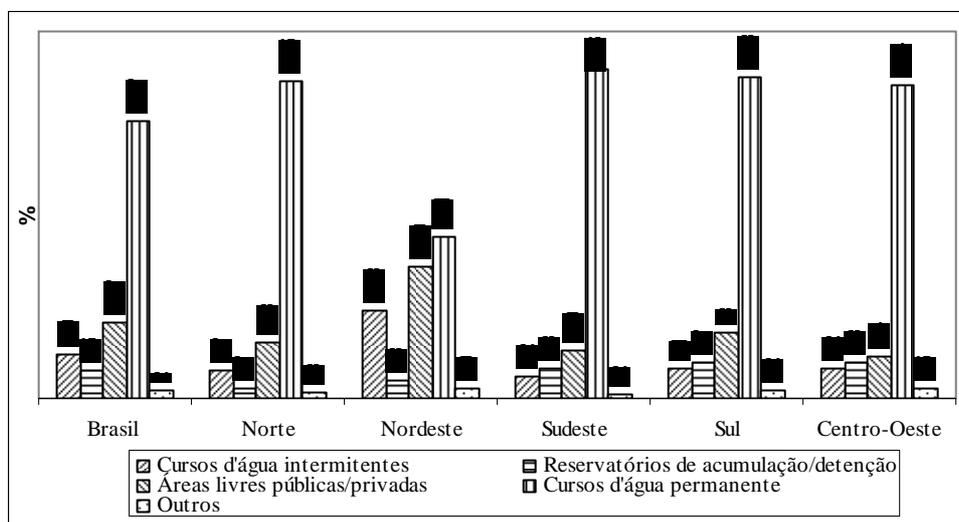


Figura 3.21: Pontos de lançamento da rede de drenagem, por tipo, segundo as Grandes Regiões em 2000 (IBGE, 2002).

No Brasil, a previsão orçamentária para drenagem urbana dos 78,6% dos municípios contemplados com esse serviço é, na grande maioria, de até 5% do orçamento (Figura 3.22), observado-se ainda o mesmo padrão para as grandes regiões do país. Entretanto, os serviços de drenagem são diferenciados entre os municípios de pequeno e grande porte.

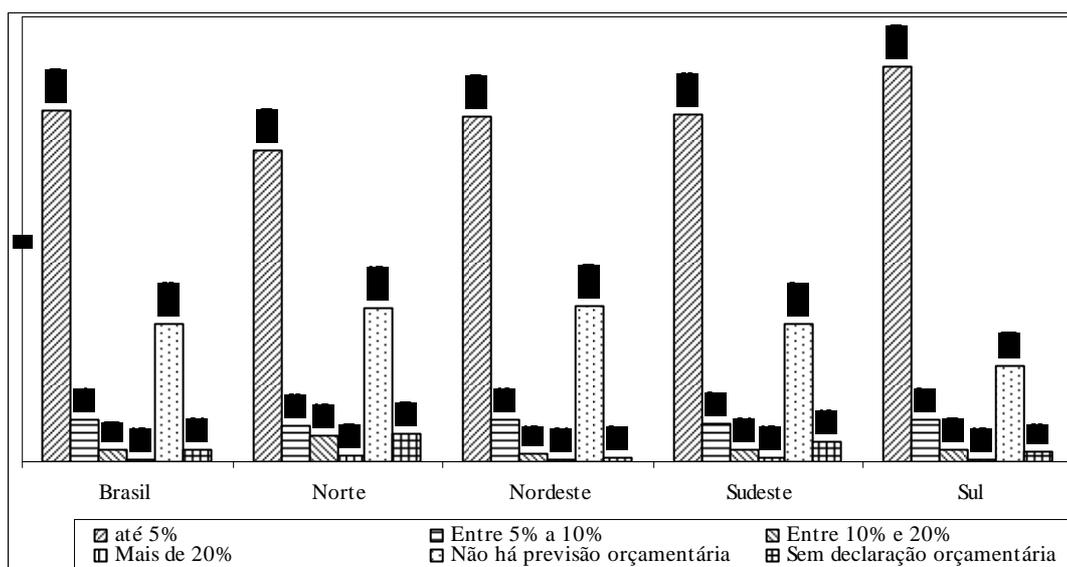


Figura 3.22: Orçamento destinado à drenagem urbana, por intervalos de porcentagem, segundo as Grandes Regiões em 2000 (IBGE, 2002).

Essa diferença se deve à falta de recursos enfrentada pelos municípios de pequeno porte, fazendo-se necessária a hierarquização dos investimentos. Por outro lado, os municípios de grande porte, embora possuam maiores recursos que os primeiros, apresentam os problemas de drenagem mais críticos.

O serviço de drenagem urbana é prestado pelas próprias prefeituras em 99,8% dos municípios, geralmente ligado às secretarias de obras e serviços públicos. No entanto, apenas 26,3% dos municípios brasileiros possuem instrumentos reguladores do sistema de drenagem (IBGE, 2002).

No Brasil, a Lei de Uso e Ocupação do Solo é o instrumento regulador do sistema de drenagem mais utilizado (57,7%). Regionalmente, observa-se na Figura 3.23 a mesma tendência, exceto na região Nordeste, onde a Legislação Municipal ou da Região Metropolitana (46,1%) é o instrumento mais utilizado.

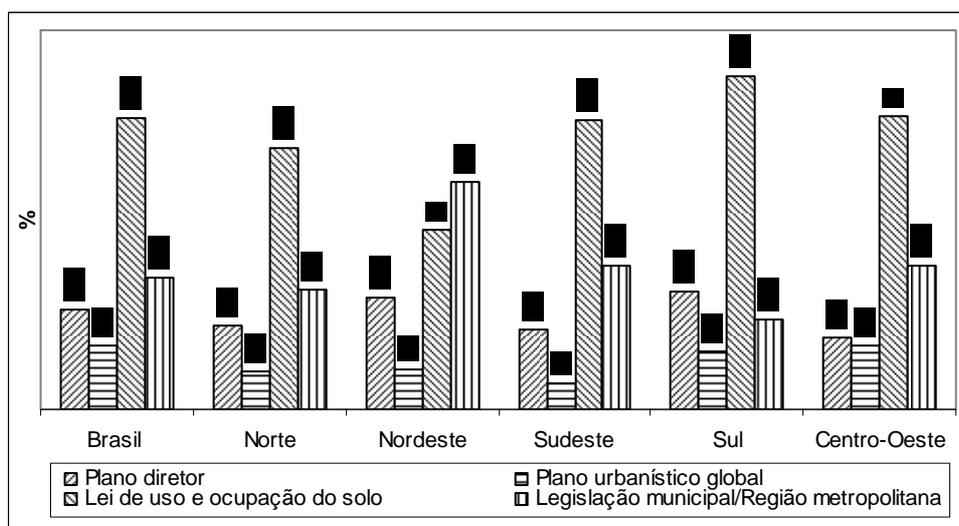


Figura 3.23: Instrumentos reguladores de drenagem urbana, por tipo, segundo as Grandes Regiões (IBGE, 2002).

As informações obtidas a partir da PNSB – 2000 demonstram que os serviços de drenagem urbana no Brasil ainda são precários, tendo em vista que 78,6% dos municípios apresentam rede de esgotamento de águas pluviais sem, no entanto, levar em consideração suas extensões e eficiência.

Outro relevante aspecto apontado pela pesquisa é que a minoria (26,6%), dos municípios brasileiros, com sistema de drenagem, possui instrumentos reguladores dos serviços. Isso

acarreta o impedimento do gerenciamento das águas pluviais no meio urbano, sendo essencial a criação de PDDrUs, consonantes aos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano para a compatibilização do crescimento da cidade com a capacidade de suporte da macrodrenagem da região.

3.2.4 – Legislação aplicada à drenagem de águas pluviais

As obras de drenagem e outras medidas de controle são instrumentos que ajudam a gestão das águas urbanas. Entretanto, os preceitos para serem implementados, dependem fundamentalmente da legislação vigente.

De acordo com Tucci (2002) o aparato legal que envolve a drenagem urbana e as inundações ribeirinhas está relacionado com as legislações de: recursos hídricos, uso do solo e licenciamento ambiental.

Quanto aos recursos hídricos, a Constituição Federal (1988) define a propriedade estatal das águas nos seus artigos 20, III e 26, I, estabelecendo uma esfera federal de domínio das águas (rios de fronteira ou limite interestadual e rios que atravessam mais de um Estado ou país) e domínio estadual (rios internos aos Estados e águas subterrâneas). O artigo 21 da Carta Magna expressa que “compete à União” e no inciso XVIII, “planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações”.

O art. 3º da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433/97), define as diretrizes gerais de ação para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, merecendo destaque os incisos I, IV e V:

“I – a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade”;

“IV – a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores e usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional”;

“V – a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo”.

O inciso V, art. 12, da Lei Federal nº 9.433/97 define que qualquer uso que altere qualitativa ou quantitativamente o regime hídrico está sujeito à outorga. Nesse caso, as

obras hidráulicas em geral e outras que possam afetar as águas, como a construção de pontes, diques, vertedouros, por exemplo, são passíveis de outorga.

Algumas legislações estaduais de recursos hídricos estabelecem critérios para a outorga do uso da água, mas não legislam sobre a outorga relativa ao despejo de efluentes da drenagem. O CONAMA estabelece normas e padrões de qualidade da água dos rios distribuída por classes, por meio da Resolução nº 357 de 17/03/05, mas não define restrições com relação aos efluentes da drenagem pluvial urbana lançados nos rios.

Dentro desse contexto, o lançamento do escoamento pluvial resultante das cidades deve ser objeto de outorga e de controle a ser previsto nos planos diretores de bacia. Como esses procedimentos ainda não estão sendo exigidos pelos Estados, não existe uma verdadeira pressão direta exercida pela sociedade para a redução dos impactos negativos resultantes da urbanização e conseqüentemente da drenagem urbana.

Quanto ao uso do solo, a Constituição Federal, artigo 30, define que é de competência do município a ordenação do espaço urbano. Porém, os Estados e a União podem estabelecer normas para o disciplinamento do uso do solo visando à proteção ambiental, controle da poluição, saúde pública e segurança. Dessa forma, observa-se que, no caso da drenagem urbana que envolve o meio ambiente e o controle da poluição, a matéria é de competência concorrente entre Município, Estado Distrito Federal e União.

Silveira (2002) observa que as legislações restritivas à proteção de mananciais e ocupação de áreas ambientais somente produzem, no Brasil, reações negativas e desobediências. Portanto, não atingem os objetivos de controle ambiental, ocorrendo invasões de áreas, loteamentos irregulares, entre outros.

Desta forma, a tendência é que os municípios introduzam diretrizes de macrozoneamento urbano nos planos diretores urbanos, incentivados pelos estados. Observa-se que no zoneamento relativo ao uso do solo não têm sido contemplados pelos municípios os aspectos de drenagem e inundações (Silveira, 2002).

De maneira geral, em cada município existe uma legislação específica definida pelo Plano Diretor Urbano que geralmente introduz o uso do solo e as legislações ambientais, mas dificilmente aborda a drenagem urbana (Champs, 2005).

Quanto ao licenciamento ambiental, regulado pela Lei nº 6.938/81 e pela resolução CONAMA nº 237/97, basicamente são estabelecidos limites para construção e operação de canais de drenagem, no tocante aos impactos ambientais. Da mesma forma, a resolução CONAMA nº 1/86 artigo 2, VII estabelece a necessidade de licença ambiental de “obras hidráulicas para drenagem”.

O controle institucional da drenagem, que envolve mais de um município pode ser realizado por meio de (Tucci, 2002):

- ✓ Legislação municipal adequada para cada município;
- ✓ Legislação estadual que estabeleça os padrões a serem mantidos nos municípios de tal forma a não serem transferidos os impactos; ou
- ✓ Utilização dos dois procedimentos anteriores, concomitantemente.

Provavelmente a última hipótese deverá ocorrer em longo prazo. Em curto prazo é mais viável a primeira opção, até que os comitês de bacia e os planos estaduais desenvolvam a regulamentação setorial. Portanto, quando forem desenvolvidos os planos das bacias que envolvam mais de um município deve-se buscar acordar ações conjuntas com os mesmos para se obter o planejamento de toda a bacia hidrográfica.

3.3 – PROSPECTIVA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICOS

A elaboração de políticas públicas urbanas pressupõe um extenso ferramental de análise histórica que possibilite quantificar e compreender a lógica de diversos processos que se integram, de forma positiva ou negativa, com os sistemas-objeto relacionados a essas políticas (Martín, 2004). Aqui se considera sistema-objeto aquele sistema que pode ser uma empresa, organização, instituição, ecossistema ou unidade territorial em que se quer planejar e conseqüentemente, intervir para atingir um objetivo pré-determinado.

No entanto, o conhecimento do passado, o diagnóstico do presente e o desenho minucioso desses sistemas não são suficientes para a elaboração de políticas públicas urbanas que condicionem e orientem o futuro.

A prospectiva, em sentido estrito, ocupa-se apenas da questão “o que pode acontecer?”. Ela torna-se estratégica quando uma administração se interroga sobre “o que posso fazer?”. Uma vez tratadas estas duas questões, a estratégia parte do “o que posso fazer?” para colocar outras questões: “o que vou fazer?” e “como vou fazê-lo?”. Daí a sobreposição entre a prospectiva e a estratégia (Godet *et al.*, 2000).

A análise prospectiva estratégica aborda problemas de variados tipos, estrutura-os, define a população implicada, as expectativas, a relação entre causas e efeitos, identifica objetivos, agentes, opções, seqüência de ações, tenta prever conseqüências, evitar erros de análise, avalia escalas de valores e como se inter-relacionam as questões, aborda táticas e estratégias. Em resumo, a prospectiva estratégica requer um conjunto de técnicas sobre a resolução de problemas perante a complexidade, a incerteza, os riscos e os conflitos, devidamente caracterizados (Henriques, 2002).

Segundo Cristo (2002) o principal objetivo da análise prospectiva estratégica é a identificação de cenários plausíveis, resultado de tendências dominantes, e de cenários desejáveis, para que, por meio de políticas públicas, se estreite a distância entre essas duas situações e se construa um futuro desejável.

Godet *et al.* (2000) definiram os conceitos de pré-ativo e pró-ativo, associados à abordagem prospectiva. Como a construção de cenários seria uma antecipação de futuros plausíveis, uma atitude pré-ativa seria se antecipar às mudanças apontadas, estando preparado para todas as situações que os cenários assinalam como possíveis. Uma atitude pró-ativa seria a de provocar mudanças a partir das informações geradas, tentando direcionar as ações, para um cenário desejável ou de referência.

3.3.1 – Construção de cenários e a drenagem urbana

Segundo Schwartz (2004), os cenários são ferramentas que permitem a visão de longo prazo em um mundo de grandes incertezas, são descrições da forma que o mundo pode

assumir amanhã e auxiliam a reconhecer as mudanças do ambiente propiciando a adaptação às mesmas. O planejamento por cenários diz respeito a fazer escolhas no presente com uma compreensão sobre o que pode acontecer no futuro.

Conforme Rocha (2004), além das ações isoladas vislumbradas no período renascentista, somente em 1902, com a publicação do livro “O Descobrimento do Futuro” de George Wells, teve início a previsão do futuro com base em fatos conhecidos. As técnicas de previsão clássicas, baseadas em modelos matemáticos começaram a aparecer no período pós-guerra, sendo que posteriormente os aspectos relacionados à incerteza começaram a ser introduzidos nesses estudos.

Na década de cinquenta, Herman Kahn introduziu o conceito de cenários prospectivos, quando fundou o *Hudson Institute*, instituto de pesquisa prospectiva, e publicou seu livro “*The year 2000*”. Porém os cenários ganharam notoriedade na década de setenta com os trabalhos desenvolvidos pela Royal Dutch/Shell em que se buscou determinar os eventos que poderiam afetar o preço do petróleo (Godet e Roubelat, 2000).

Na década de oitenta, tornou-se mais popular a partir do livro “*Scenarios and Strategic Management*” de Michel Godet, considerado pela maioria dos autores nessa área como um marco na história dos métodos de desenvolvimento de cenários prospectivos (Rocha, 2004).

Os primeiros estudos de construção de cenários futuros desenvolvidos no Brasil foram realizados na década de oitenta pela Petrobrás, BNDES, Eletrobrás e Eletronorte, por se tratar de empresas que trabalham com projetos de longo prazo (Figuerola, 2005).

As experiências passadas dos países desenvolvidos, para o gerenciamento da drenagem urbana, mostraram que não há um cenário que possa ser objeto de todas as particularidades. Beck *et al.* (1994) deduziram que os cenários de referência tendem a ser diferentes por serem decorrentes de uma avaliação do elemento (drenagem urbana) componente de um sistema (município) holístico e interativo. Conseqüentemente, a cada situação ou localidade deve-se proceder a construção de cenário plausível e sustentável, à qual se almeja chegar, o cenário de referência.

Os cenários de referência para a drenagem urbana, em países desenvolvidos, abrangem uma imagem futura plausível de sistemas de drenagem mais eficientes que os da atualidade, considerando volumes reduzidos de água pluvial escoada, principalmente em vias de acesso e áreas comerciais; água de drenagem pluvial de melhor qualidade; melhor aproveitamento da água de chuva para usos diversos; proteção dos ecossistemas aquáticos e das áreas de proteção permanente, adjacentes aos corpos d'água.

As medidas para se atingir esses cenários de referência são, de forma geral: a utilização do arranjo natural da drenagem; o uso intensivo de sistemas de retenção e infiltração, reúso da água pluvial para fins menos nobres; redução de cargas de poluentes no sistema; eliminação de ligações clandestinas de esgoto doméstico e/ou industrial da drenagem pluvial; aumento da capacidade de armazenamento na bacia, controle do uso e ocupação do solo, entre outras, visando se aproximar ao máximo do cenário de pré-urbanização (Eiswirth *et al.*, 2000).

No Brasil e nos países em desenvolvimento, de maneira geral, os cenários de referência são aqueles que atendem a um futuro sem relevantes danos ao patrimônio e à população. Os cenários de referência, nesses casos, são de caráter basicamente social. Recentemente, têm-se buscado englobar não apenas essa vertente social, mas também a ambiental, visando à proteção dos recursos naturais.

As formas de alcance desses cenários de referência estão associadas à proposição e implementação de medidas mitigadoras dos impactos da urbanização sobre o escoamento superficial. Ou seja, simulam-se situações de uso e ocupação do solo urbano para cenários futuros e, a partir daí, propõe-se medidas de controle de cheias geradas por esses cenários futuros.

Os dados levantados na etapa do diagnóstico do município levam às informações sobre o sistema de drenagem atual. A partir da construção de cenários futuros observa-se quais os locais precisam de ampliação da rede e de medidas de controle do escoamento na fonte, na microdrenagem e/ou na macrodrenagem.

A elaboração desses cenários futuros de desenvolvimento urbano leva em consideração as diretrizes e condicionantes do uso e ocupação do solo que, quando não obedecidas, podem gerar o cenário que Tucci (2003) denomina de máxima ocupação.

3.3.2 – Teoria do planejamento

Planejamento é a atividade que define um futuro desejado e estabelece os meios pelos quais esse futuro será alcançado. Trata-se essencialmente de um processo de tomada de decisões, caracterizado pela existência de alternativas a serem escolhidas (Koontz *et al.*, 1987).

No entanto, nem todo processo decisório pode ser considerado planejamento. Segundo Ackoff (1976) existem algumas características que fazem do planejamento um processo decisório especial:

- ✓ Planejamento é uma atividade realizada anteriormente à ação, isto é, tomada antecipada de decisão. Decide-se o que fazer e como fazê-lo, antes que se requeira uma ação;
- ✓ Planejamento é necessário quando a consecução do estado futuro que se deseja envolve um conjunto de decisões interdependentes, isto é, um sistema de decisões;
- ✓ Planejamento é um processo que se destina a produzir um ou mais estados futuros desejados e adotando-se as atitudes apropriadas, pode-se aumentar a probabilidade de um resultado favorável.

Os níveis do planejamento foram estabelecidos por Chiavenato (1994) em função de suas características como:

- ✓ **Planejamento Estratégico:** É o planejamento que envolve prazos mais longos de tempo, é mais abrangente e desenvolvido nos níveis hierárquicos mais elevados da administração pública. É um processo contínuo de tomada de decisões estratégicas. Não se preocupa em antecipar decisões a serem tomadas no futuro, mas sim em considerar as implicações futuras de decisões que devem ser tomadas no presente.
- ✓ **Planejamento Tático:** Para que o planejamento estratégico possa ser levado adiante, ele precisa ser implementado pelos níveis hierárquicos mais baixos de uma administração pública na qual se deseja planejar. Esse planejamento é

dimensionado para médio prazo e a amplitude dos efeitos das decisões envolvidas abrange parte do sistema-objeto.

- ✓ **Planejamento Operacional:** Preocupa-se basicamente com “o que fazer?” e com “como fazer?”. Está voltado para o desenvolvimento de planos e procedimentos detalhados, gerando informação e retroação no sentido de propiciar meios e condições para otimizar e maximizar os resultados. Esse planejamento se caracteriza por focalizar o curto prazo, abordando apenas uma tarefa ou uma operação.

O planejamento produz um resultado imediato: o plano. Um plano representa o evento intermediário entre o processo de planejamento e a sua implementação. Todos os planos têm em comum: a previsão, a programação e a coordenação de uma seqüência lógica de ações, as quais se aplicadas com sucesso, conduzirão ao cumprimento do objetivo que os comanda, proporcionando respostas às questões: “o que?”, “quando?”, “como?”, “onde?” e “por quem?” (Chiavenato, 1994).

3.4 – PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA – PDDrU

O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) é uma importante ferramenta com a qual as comunidades podem avaliar e dar prioridades a problemas e necessidades potenciais presentes e futuras, além de considerar as alternativas de gerenciamento da drenagem. O plano diretor de drenagem é preparado para considerar, em detalhe, quais práticas e medidas de gerenciamento devem ser consideradas para uma área urbanizada ou em urbanização (NEA/UFSC, 2002).

Os planos diretores são tradicionalmente utilizados para tratar de funções únicas como a provisão de drenagem, a mitigação de inundações, análise custo/benefício ou a avaliação de risco. Esses planos prescrevem alternativas práticas e específicas de gerenciamento e planejamento. Planos de drenagem multi-objetivos estendem essa definição tradicional incluindo o zoneamento, o uso do solo, a qualidade da água, os habitats, a recreação e as considerações estéticas.

3.4.1 – Objetivos

Segundo Tucci (2002), o Plano Diretor de Drenagem Urbana tem o objetivo de “criar os mecanismos de gestão da infra-estrutura urbana relacionados com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana da cidade”.

O PDDrU visa planejar a distribuição de águas superficiais da chuva no tempo e no espaço, levando em consideração o uso e a ocupação do solo. Portanto, os objetivos da sua elaboração e implementação são específicos para cada município, no entanto, abrangem basicamente (Stephens *et al.*, 2002):

- ✓ **O controle de cheias:** minimização da demanda do sistema de drenagem, da erosão e demais preocupações decorrentes do volume e velocidade das águas pluviais.
- ✓ **A proteção dos corpos d’água:** proteção e restauração das características dos corpos d’água, incluindo os habitats aquáticos e ribeirinhos.
- ✓ **A melhoria da qualidade da água:** remediar os problemas existentes e potenciais de qualidade da água.

3.4.2 – Elementos

As várias atividades decorrentes do plano variarão com os objetivos e as exigências da sociedade em questão, além dos recursos disponíveis para o município. Seguem os elementos a serem considerados ao se desenvolver o PDDrU, de acordo com a *Atlanta Regional Commission – ARC* (2001a):

- ✓ **Informação/Inventário:** As necessidades de informação são essenciais ao êxito do plano. O desenvolvimento de um inventário do sistema de drenagem existente é uma das primeiras etapas a se desenvolver. As informações podem ser coletadas e armazenadas em mapas, idealmente, com a utilização de sistemas de informação geográfica (SIG).
- ✓ **Planejamento de bacias hidrográficas:** Planos diretores de bacias hidrográficas ajudam a estabelecer as prioridades de tomada de decisão, devendo haver harmonia entre esse e o plano diretor de drenagem.
- ✓ **Crítérios e orientações de projeto:** Em suporte aos padrões e exigências locais para o desenvolvimento, a sociedade deve estabelecer suas necessidades para que

os planejadores definam os critérios técnicos de projeto, construção e manutenção dos sistemas de drenagem a serem implementados.

- ✓ **Contenção de cheias:** Envolve a determinação de áreas com usos limitados compatíveis com seu grau de risco à inundação ou deslizamentos de terra, visando a minimização de modificações dos córregos, reduzindo danos à sociedade e protegendo os ambientes aquáticos.
- ✓ **Controle de erosão e sedimentação:** Medidas de controle de erosão e carreamento de sedimento são importantes para a qualidade da água e proteção de habitats, sendo essencial que sejam levadas em consideração em todas as fases de desenvolvimento da cidade.
- ✓ **Regulamentos:** Leis e normas municipais devem conduzir a execução das diretrizes traçadas no plano diretor de drenagem urbana, prevendo a proteção de áreas naturais, o controle de erosão e o transporte de sedimento, proibição de descarga de efluentes domésticos na rede, controle de efluentes pluviais, entre outros.
- ✓ **Revisão do plano:** A revisão detalhada do plano diretor de drenagem deve ser realizada para atualização dos programas e diretrizes de elaboração dos projetos de drenagem. O processo de revisão e da aprovação do plano deve ser explicitamente esboçado e compreensível a toda a comunidade.
- ✓ **Melhorias no sistema de drenagem:** Melhorias dos projetos de drenagem devem ser realizadas, tais como a construção de estruturas para o controle de transporte de sedimento, controle regional de cheias, estabilização de encostas, entre outras.
- ✓ **Operação e manutenção:** como componentes essenciais para a implantação eficaz do plano têm-se a operação e a manutenção dos vários elementos da drenagem e dos sistemas de transporte das águas pluviais.
- ✓ **Monitoramento:** Dados oriundos do monitoramento auxiliam a tomada de decisão e fornecem sustentação para ações de melhoria dos sistemas.
- ✓ **Prevenção da poluição:** A intenção do controle da poluição visa impedir que as águas pluviais tenham contato com poluentes de toda a sorte na fonte e sejam propagadas. Nesse sentido, é necessária a implementação de controles estruturais para o tratamento e remoção de poluentes.
- ✓ **Participação da comunidade:** Com o intuito de se obter o apoio da população local na implementação do plano, cidadãos e profissionais precisam ser sensibilizados e envolvidos no processo da mesma maneira.

- ✓ **Financiamento:** Financiamentos adequados às atividades de gerenciamento da drenagem são um dos aspectos mais críticos e difíceis de estabelecer. O plano é melhor implementado quando possui fontes de financiamento estáveis e suficientes.

Um plano diretor de drenagem deve apresentar ao menos os seguintes requisitos básicos: planejamento, diretrizes para o manual de drenagem, melhorias importantes, proposição de aparato legal específico, requerendo obviamente mais recursos que os planos desenvolvidos tradicionalmente no setor.

3.4.3 – Estrutura

A Figura 3.24 apresenta o processo de elaboração de um plano diretor, sugerido por Welsh (1989, *apud* Barth, 2000).

Os objetivos e critérios devem ser estabelecidos na fase inicial do processo para direcionar o desenvolvimento do plano diretor. Nesse intento, grupos da sociedade civil e demais segmentos interessados devem interagir a fim de refinar esses objetivos.

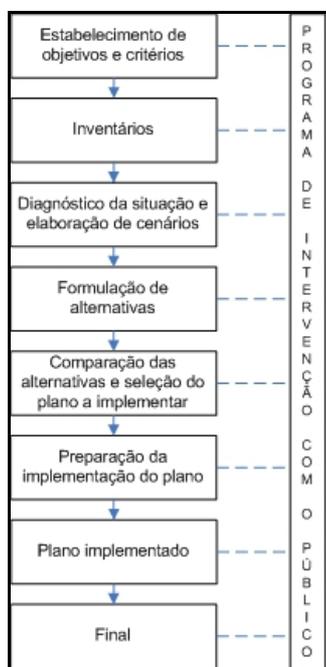


Figura 3.24: O processo para a elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana (Welsh, 1989 *apud* Barth, 2000).

Os dados colhidos e organizados durante o inventário proporcionam uma base factual para subsidiar o plano. A organização dos dados pode seguir as categorias de estudos anteriores e em andamento, além de recursos naturais e infra-estrutura.

Na fase de diagnóstico deve-se proceder a uma análise para possibilitar o entendimento do passado e presente, a fim de se prever cenários futuros. Após a formulação das alternativas deve-se fazer uma escolha analisando e comparando uma a uma. Para facilitar a decisão, métodos multicritério podem ser utilizados.

No plano devem ser indicados as ações e programas a serem realizados, quando e quem possui a responsabilidade de implantá-los, incluindo dados de financiamento.

Considerando todas as fases do plano, a implementação é a que traz maiores incertezas. O grau de aceitação do plano, o entusiasmo dos participantes, das autoridades e o público em geral são determinantes para se lograr o êxito.

Os produtos são desenvolvidos a partir da definição das medidas de curto, médio e longo prazo a serem implementadas: detalhamento dos planos de ação, planos de obras, legislação pertinente, manuais, etc.

Programas de longo prazo, previstos no plano, devem ser implementados, tais como: o monitoramento, a coleta de dados adicionais, estudos adicionais, fiscalização, entre outros.

No contexto da gestão integrada da drenagem urbana, almeja-se a crescente participação da sociedade organizada em todas as etapas do processo de elaboração e implementação dos PDDrUs, visando a verdadeira apropriação dos mesmos pela comunidade.

3.4.4 – Vantagens

A principal vantagem da elaboração de Planos Diretores de Drenagem Urbana refere-se à obtenção simultânea de menores custos e melhores resultados sócio-ambientais. Planos bem elaborados possibilitam (PMSP, 1999):

- ✓ Estudar a bacia de drenagem como um todo a fim de adotar boas soluções de controle no espaço e no tempo, evitando medidas de caráter restrito que apenas deslocam as inundações para jusante da área de intervenção, podendo agravá-las;
- ✓ Consolidar normas e critérios de dimensionamento uniformes para a bacia ou conjunto de bacias, tais como o período de retorno a ser adotado, coeficientes de rugosidade, gabaritos de pontes e travessias, etc.;
- ✓ Identificar áreas que possam ser preservadas ou adquiridas pelo poder público antes que sejam ocupadas ou que seus preços tornem-se proibitivos;
- ✓ Efetuar o zoneamento das várzeas de inundação;
- ✓ Estabelecer o escalonamento da implantação das medidas necessárias de forma tecnicamente correta e de acordo com os recursos disponíveis;
- ✓ Possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, pela articulação do plano de drenagem com outros planos setoriais da região (planos viários, planos de abastecimento de água, planos de esgotos, etc.);
- ✓ Esclarecer a comunidade a respeito da natureza e magnitude dos problemas e formas de solução de propostas;
- ✓ Fornecer respaldo técnico e político à solicitação de recursos;
- ✓ Privilegiar a adoção de medidas preventivas de menor custo e maior alcance.

3.4.5 – Limitações

O processo de planejamento se desenvolve dentro de uma situação dinâmica em que os fatores sociais, econômicos, institucionais e tecnológicos sofrem alterações imprevisíveis, não se devendo esperar que esse processo conduza a soluções perfeitas e definitivas (PMSP, 1999).

A defasagem existente entre o planejamento e a implementação de PDDrUs pode se estender por mais de uma década. Devido a esses fatores, torna-se inevitável que o processo de planejamento seja continuamente reavaliado para que novas alternativas baseadas em fatos correntes, e não em fatos históricos ou obsoletos, sejam a base para a tomada de decisões.

3.5 – INDICADORES

No início dos anos 70, havia uma crescente preocupação com a questão ambiental e sua inclusão nas principais políticas socioeconômicas, no âmbito internacional. Diante disso, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo, em 1972, recomendou a coleta de dados sobre variáveis ambientais específicas para determinar e prever condições de sistemas ambientais e suas tendências de alteração (UnB/PUC Minas/IDHS/PNUD, 2004).

Vinte anos depois da Conferência de Estocolmo, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro, em 1992, estabeleceu o consenso de que estratégias para a sustentabilidade deveriam integrar temas ambientais em planos e políticas de desenvolvimento. Naturalmente, isso requer a integração de dados sobre o ambiente e fatores socioeconômicos. Esse é o tema do Capítulo 40 da Agenda 21 Nacional: O desenvolvimento e a implementação de uma contabilidade ambiental e econômica integrada e de indicadores de desenvolvimento sustentável. (UNSD, 2000).

Conforme Maclaren (1996), numa revisão de trabalhos relacionados à qualidade de vida, sustentabilidade urbana e relatórios sobre o estado do meio ambiente permitem identificar estruturas gerais que podem ser utilizadas para o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade, dentre as quais destaca-se o sistema de indicadores baseados no princípio de causa e efeito, conhecido como o modelo Pressão-Situação-Resposta.

3.5.1 – Conceito de indicadores de sustentabilidade

Um indicador é um parâmetro escolhido e idealizado para reduzir grande quantidade de dados à sua forma mais simples, retendo os significados essenciais para responder às questões demandas (Bakkes *et al.*, 1994, *apud* Gallopín, 1997).

Segundo Bossel (1999), a verificação de presença ou ausência de sustentabilidade em determinado ambiente requer a adoção de um conjunto de indicadores que possibilite acesso às informações sobre o estado atual do ecossistema, suas partes essenciais, seus diversos fluxos de mudança, pressões, interferências e impactos externos, além de seus diversos níveis de sensibilidade. A utilização de indicadores de sustentabilidade permite a

melhor intervenção e correção no comportamento dinâmico e nas relações entre as comunidades e o meio ambiente, segundo objetivos previamente estabelecidos.

Como conceituam Hodge *et al.* (1999), os indicadores de sustentabilidade são tipicamente mensuráveis, podendo refletir uma característica quantitativa ou qualitativa, para fazer julgamentos sobre as condições atuais de um determinado sistema (cenário). Essas informações facilitam as ações no sentido de se alcançar o cenário de referência da drenagem urbana, determinada pela sociedade. A adoção de um conjunto específico de indicadores, portanto, determinará a qualidade ambiental da cidade propriamente dita, seu histórico, tendências futuras e necessidades.

Indicadores possuem múltiplas finalidades. Agregados através de métodos aritméticos ou regras de decisão possibilitam a construção de índices, que podem simplificar alguns parâmetros. Dentre as inúmeras aplicações de índices e indicadores podem ser citadas: alocação de recursos; comparação de diferentes locais ou áreas geográficas; cumprimento de normas ou critérios legais; análise de tendência no tempo e no espaço; informação ao público e investigação científica, servindo de alerta para a necessidade de pesquisas mais aprofundadas sobre questões específicas (Costa, 2003).

Considera-se importante apresentar alguns dos principais conceitos associados à utilização de indicadores e índices de desenvolvimento sustentável, de forma a esclarecer algumas das dúvidas que a aplicação desse tipo de ferramenta pode suscitar (Direção Geral do Ambiente, 2000):

- ✓ **Parâmetro:** corresponde a uma grandeza que pode ser medida com precisão ou avaliada qualitativamente/quantitativamente, e que se considera relevante para a avaliação dos sistemas ambientais, econômicos, sociais e institucionais;
- ✓ **Indicador:** parâmetros selecionados e considerados isoladamente ou combinados entre si, sendo de especial pertinência para refletir determinadas condições dos sistemas em análise. Os dados originais, normalmente, são trabalhados estatisticamente por meio de médias aritméticas simples, percentagens, medianas, entre outros;
- ✓ **Índice:** corresponde a um nível superior de agregação onde, após aplicado um método aos indicadores é obtido um valor final. Tais métodos podem ser aritméticos (linear, geométrico, mínimo, máximo, aditivo) ou heurísticos (regras de

decisão); os algoritmos heurísticos são normalmente preferidos para aplicações de difícil quantificação, enquanto os restantes utilizam parâmetros facilmente quantificáveis e comparáveis com padrões.

3.5.2 – Critérios de seleção de indicadores

Como os indicadores podem servir para diferentes objetivos, é necessário definir critérios gerais para identificá-los e selecioná-los. A *Organization for Economic Cooperation and Development* – OECD (1998) utiliza três critérios básicos de seleção e identificação:

- ✓ **Relevância para a política e a utilidade para os usuários.** Um indicador deve:
 - Ser simples e fácil de interpretar;
 - Fornecer uma imagem representativa das condições do meio ambiente, das pressões exercidas sobre o mesmo ou das respostas da sociedade;
 - Mostrar as tendências em longo prazo;
 - Responder a mudanças do sistema;
 - Fornecer base para comparações;
 - Estar associado a uma meta ou valor limite de tal modo que os usuários possam comparar e avaliar o significado dos valores observados.
- ✓ **Exatidão da análise.** Um indicador deve:
 - Ser teoricamente bem fundamentado em termos técnicos e científicos;
 - Basear-se em normas, de preferência internacionais, e ter consenso quanto à sua validade;
 - Poder ser relacionado a modelos, sistemas de previsão e de informação econômicos, sociais e ambientais;
- ✓ **Mensurabilidade.** Os dados necessários à construção de indicadores devem:
 - Estar imediatamente disponíveis ou acessíveis em uma relação custo-benefício razoável;
 - Ser documentados adequadamente e ter qualidade reconhecida;
 - Poder ser atualizados em bases regulares por meio de procedimentos confiáveis.

3.5.3 – Estrutura Pressão – Situação – Resposta (PSR)

A estrutura conceitual Pressão-Situação-Resposta (*Pressure-State-Response Framework – PSR*) utilizada na construção de sistemas de indicadores foi criada pela OECD em 1993.

Essa estrutura pressupõe que atividades humanas exercem pressões sobre o meio ambiente, alterando a qualidade e a quantidade de recursos naturais. A sociedade responde a essas mudanças por meio de políticas econômicas e setoriais. As respostas formam uma alça de retroalimentação (*feedback loop*) para a pressão (Figura 3.25). Em sentido amplo, os passos conceituais da estrutura do modelo compõem parte de um ciclo de políticas ambientais que incluem percepção, formulação, monitoramento e avaliação (OECD, 1993).

Embora a estrutura PSR tenha a vantagem de destacar essas relações, ela sugere que as interações entre atividades humanas e o meio ambiente sejam lineares. Essa visão simplificada da realidade não deve dificultar o entendimento de relações mais complexas nos ecossistemas e nas interações entre economia e meio ambiente (OECD, 1997).

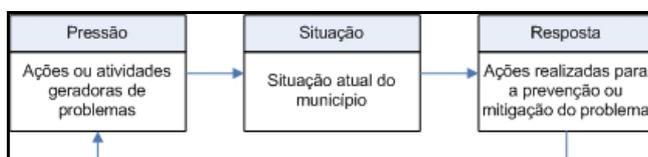


Figura 3.25: Estrutura conceitual do modelo Pressão-Situação-Resposta da OECD (modificado – OECD, 1993).

A estrutura PSR distingue três tipos de indicadores (OECD, 1993):

- ✓ **Indicadores de pressão ambiental**, que descrevem pressões exercidas pelas atividades humanas sobre o meio ambiente, incluindo qualidade e quantidade de recursos naturais;
- ✓ **Indicadores de situações ou estados (condições ambientais)**, que relacionam a qualidade do ambiente e a qualidade e a quantidade de recursos naturais, e
- ✓ **Indicadores de respostas da sociedade**, medidas que demonstram em que extensão a sociedade está respondendo a mudanças e preocupações ambientais.

4 – MÉTODO DE PESQUISA

O método desenvolvido nessa pesquisa compreendeu três etapas: (1) levantamento bibliográfico; (2) diagnóstico dos PDDrUs no Brasil e (3) formulação de método para a elaboração e implantação de PDDrU. A proposta do método de pesquisa está apresentada, de forma esquemática, na Figura 4.1.

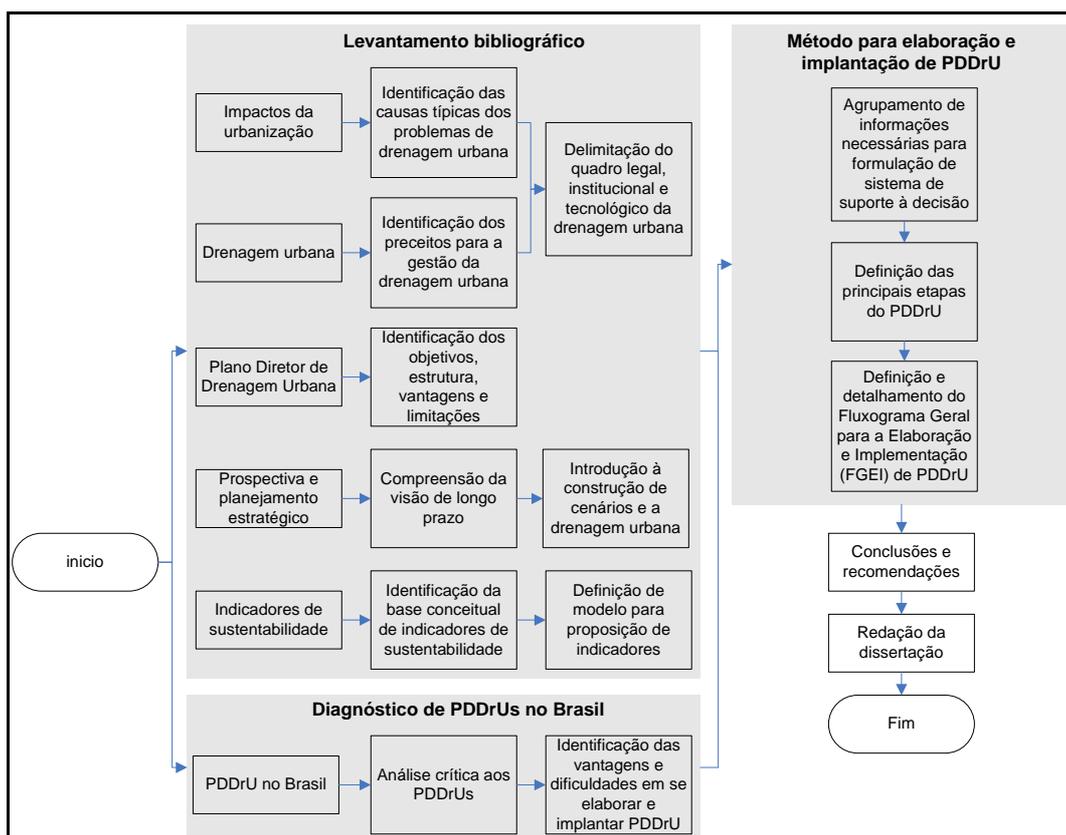


Figura 4.1: Representação esquemática do método de pesquisa.

Inicialmente, buscou-se apreciar diferentes referenciais, conceituais e teóricos, que envolviam: (1) os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico; (2) a gestão da drenagem urbana; (3) o planejamento estratégico; (4) as características e exemplos de planos diretores de drenagem urbana e (6) indicadores da sustentabilidade urbana.

Essa etapa inicial possibilitou estabelecer uma bagagem científica sobre a problemática da drenagem urbana no Brasil, assim como os aparatos legais, institucionais e tecnológicos disponíveis como instrumentos para a gestão estratégica e sustentável da drenagem urbana.

A análise dos PDDrUs e planos correlatos de controle de inundações no país permitiu o melhor entendimento, principalmente, de sua estrutura, critérios considerados e atributos demonstrados nessas experiências da gestão da drenagem urbana. Essa análise evidenciou as vantagens e dificuldades encontradas na elaboração e implementação dos PDDrUs.

A partir da segunda etapa, propôs-se um método para a elaboração e implantação de PDDrU, por meio de sistema de suporte à decisão, a fim de preencher as lacunas observadas nesses planos analisados, assim como salientar os pontos fortes dos mesmos. Esse suporte visa proporcionar um sistema interativo de fácil acesso ao usuário visando dar apoio às atividades de tomada de decisão.

5 – DIAGNÓSTICO DE PDDrUs DISPONÍVEIS NO BRASIL

Neste capítulo apresenta-se o diagnóstico dos planos diretores de drenagem urbana de Belo Horizonte, Caxias do Sul, Porto Alegre e Santo André, além do Plano Integrado de Controle de Inundações para a Bacia do Iguaçu-Sarapuí. Esses são alguns dos poucos documentos com a finalidade de gerenciar as águas no ambiente urbano, disponíveis no Brasil.

Esse diagnóstico tem o intuito de identificar os princípios e considerações teóricas adotados, além do padrão com que esses estudos foram realizados. Tal identificação é uma das questões cruciais na proposição de um método para elaboração de PDDrUs.

Também procurou-se identificar quais as dificuldades que se têm ao desenvolver planos desse tipo, com o objetivo de propiciar uma visão geral do planejamento, implantação e operação de sistemas de drenagem urbana abrangendo, quando possível, aspectos técnicos, sociais, econômicos e financeiros.

5.1 – BELO HORIZONTE

Na década de setenta, o sistema de drenagem de Belo Horizonte já apresentava problemas, não sendo eficiente em sanar as constantes enchentes. Esse sistema foi se convertendo em condutos de efluentes poluídos, meros meios de transporte de rejeitos, ao longo dos anos.

A solução escolhida pela prefeitura municipal, nessa época, foi revestir com concreto os córregos e ribeirões localizados nas áreas urbanizadas ou destinadas à expansão urbana, totalizando 305km de extensão. As obras foram executadas em um intenso programa de canalizações durante as três décadas seguintes (Champs, *et al.*, 2001).

Apesar da grande quantidade de recursos financeiros investidos ao longo desses anos, Belo Horizonte continuou padecendo com as inundações. Isso permitiu observar que a abordagem aplicada em relação à implantação dos sistemas de drenagem foi equivocada. Nesse contexto, um novo modelo de gestão para as águas circundantes na cidade foi introduzido a partir das propostas do Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDrU.

O PDDrU foi implantado em setembro de 1999, pela Superintendência de Desenvolvimento da Capital – SUDECAP, com o intuito de dotar a Prefeitura de Belo Horizonte de um instrumento para a gestão dos serviços de controle de cheias.

O PDDrU tem por princípio primordial o respeito pelo meio ambiente, preconizando intervenções estruturais para o saneamento dos córregos e para a inclusão das águas que percorrem a paisagem urbana da capital mineira.

Esse plano compreende a totalidade das bacias hidrográficas dos ribeirões Arruda e Onça, afluentes do rio das Velhas, com área de 429,89km² e distribuídos pelos municípios de Belo Horizonte (77,32%), Contagem (19,17%) e Sabará (3,51%) (SUDECAP, 1999).

Os aspectos contemplados nesse documento vão desde os problemas hidráulicos da drenagem até questões ambientais, jurídico-institucionais, urbanísticos, sociais e paisagísticos. Assim, aspectos relacionados às inundações e à poluição veiculada pelo sistema de drenagem são abordados.

A elaboração do PDDrU foi dividida em quatro etapas sucessivas como segue na Tabela 5.1. A primeira etapa teve início em setembro de 1999 e foi concluída em janeiro de 2001, realizada por uma empresa de consultoria.

A necessidade de realização de obras emergenciais para o atendimento à população, vítima dos males da insalubridade e da ocorrência de inundações acarretou o lançamento do Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos de Vale e dos Córregos em Leito Natural de Belo Horizonte – DRENURBS em 2001.

O horizonte de implantação do DRENURBS, incluindo todos seus serviços e obras, é de 25 anos, com custo estimado de US\$300 milhões. Em julho de 2004 a Prefeitura de Belo Horizonte assinou com o Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, contrato de empréstimo no valor de US\$46,5 milhões para financiamento dos empreendimentos do Programa.

Tabela 5.1 – Etapas de elaboração do PDDrU de Belo Horizonte (SUDECAP, 1999).

1º Etapa
Análise Integrada do Sistema de Drenagem; Caracterização das bacias elementares; Caracterização estrutural das galerias existentes e plano de ação para recuperação e manutenção; Cadastro da microdrenagem; Cadastro da macrodrenagem; Implantação de um sistema de informações geográficas para a drenagem urbana;
2º Etapa
Campanha de medição da relação chuva x vazão; Campanha de monitoramento da qualidade das águas; Elaboração dos estudos para gestão do sistema de drenagem;
3º Etapa
Modelagem do sistema de drenagem; Campanha de controle da poluição dos corpos d'água;
4º Etapa
Plano de execução de obras; Implantação de um sistema de alerta contra inundações; Estudo para operação otimizada do sistema de macrodrenagem em tempo real.

O PDDrU de Belo Horizonte, de maneira geral, abrange elementos necessários para a adoção de soluções não convencionais, como por exemplo, a preservação do patrimônio instalado para a drenagem urbana, a compensação dos efeitos da expansão da urbanização, o diagnóstico permanente do sistema de drenagem, além de sua sustentação financeira.

As principais diretrizes em estudo para a sustentação financeira nesse PDDrU, são: a aplicação do princípio “usuário-pagador”, por meio da criação de taxa de drenagem urbana, a aplicação do princípio “poluidor-pagador”, com a imposição de penalidades e multas aos poluidores e a cobrança de taxa de contribuição de melhorias, quando se tratar de investimentos em novas obras.

Atualmente, Belo Horizonte apresenta cerca de 673km de cursos d'água, dos quais 26% ainda se encontram revestidos em concreto armado (6% abertos e 20% fechados), pouco mais de 30% encontram-se situados na malha urbana e aproximadamente 44% situam-se em regiões inadequadas ao parcelamento urbano (Resende *et al.*, 2004).

Nesse contexto, um dos principais desafios do município de Belo Horizonte está voltado para a renaturalização dos leitos dos cursos d'água, a preservação das condições naturais

dos córregos e desocupação das margens e calhas dos rios da cidade, possibilitando sua inserção na paisagem urbana.

5.2 – CAXIAS DO SUL E PORTO ALEGRE

Os Planos Diretores de Drenagem Urbana de Caxias do Sul (SEMAE e IPH/UFRGS, 2001) e Porto Alegre (IPH/UFRGS, 2002a, 2002b, 2002c, 2002d e 2002e) foram elaborados, praticamente, por uma mesma equipe técnica, seguindo os mesmos critérios e métodos para a formulação, com o objetivo de contribuir para o estabelecimento do gerenciamento das águas pluviais no ambiente urbano.

Esses PDDrUs partiram do princípio de minimizar o impacto, a jusante, dos municípios de Porto Alegre e Caxias do Sul, sob enfoque integrado. Dentre as várias medidas sugeridas nesses planos diretores de drenagem urbana destacam-se a educação dirigida aos recursos hídricos para a população, a cobrança de taxas por área impermeável aos proprietários, implementação de reservatórios para armazenagem das águas pluviais no lote e limitação da ocupação de áreas de risco e cabeceiras, além da compensação do proprietário pelo não uso da terra (Villanueva *et al.*, 2000).

O PDDrU de Caxias do Sul conciliou, em sua primeira etapa, os aspectos de drenagem pluvial e esgotamento sanitário para a concepção de soluções propostas por causa do grande número de residências que se encontravam em situação de risco e em condições parcialmente insalubridade, devido ao lançamento de esgoto sanitário *in natura* nos córregos da cidade.

Essa primeira etapa consiste na implementação de rede coletora de esgotos domésticos e águas pluviais de forma conjunta. O volume transportado seria tratado de forma integrada, porém em períodos de chuvas intensas, que acarretam vazões afluentes superiores à capacidade da estação de tratamento, seria armazenado para posterior tratamento.

A implementação, inicial, da rede unitária possibilitaria que, ao longo do tempo, de acordo com a capacidade de investimento, a cidade introduzisse o sistema separador absoluto. Dessa forma, o PDDrU de Caxias do Sul concentrou-se em três sistemas principais de macrodrenagem: Tega, Floresta e Pinhal (SEMAE e IPH/UFRGS, 2001).

A região metropolitana de Porto Alegre situa-se no delta do rio Jacuí e lago Guaíba, apresentando registros históricos de ocorrências de inundações, devido à urbanização, desde o século XIX. Durante a década de setenta foram construídos diques para proteção da cidade contra as enchentes, sendo utilizadas estações de bombas para drenar áreas alagadas, adjacentes ao dispositivo de controle (Tucci, 2005).

O PDDrU de Porto Alegre (IPH/UFRGS, 2002a, 2002b, 2002c, 2002d e 2002e) apresentou, em sua primeira fase, aspectos direcionados principalmente para o controle de inundações urbanas. As medidas não-estruturais adotadas foram: (1) aspectos legais e de gestão; (2) aplicação do PDDrU, inicialmente, em três bacias hidrográficas; (3) revisão do sistema de diques e suas bacias drenantes; (4) manual de drenagem urbana para o município.

Na elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre, definiu-se horizonte de projetos para 20 anos. A análise para o cenário atual e futuro foi realizada. O cenário atual foi definido a partir da densidade populacional dos bairros da região, obtidos pelo IBGE. O cenário futuro foi obtido a partir de regulamentação de uso do solo, definida pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e pelo Plano Diretor Setorial de Transporte Coletivo do Município de Porto Alegre (Allasia *et al.*, 2003).

Os critérios de divisão das bacias e sub-bacias hidrográficas tanto para Caxias do Sul como para Porto Alegre foram a identificação da rede de macrodrenagem e delimitação da bacia contribuinte em cada trecho. A cada sub-bacia foi estabelecido um *Curve Number* (CN) em função do tipo e ocupação do solo (Villanueva *et al.*, 2000).

As áreas impermeáveis das bacias dos dois municípios foram determinadas com o auxílio da metodologia proposta por Campana e Tucci (1994), que consiste basicamente na estimativa da área impermeável de macro-bacias urbanas, relacionando intervalos de densidade habitacional, que é um parâmetro de planejamento urbano, com a percentagem de áreas impermeáveis dessas regiões.

A partir dos dados de área impermeável das bacias, foram definidos os parâmetros do escoamento com os quais simulou-se a vazão correspondente à chuva de projeto com o

modelo IPHS1 (Tucci *et al.*, 1989 *apud* Villanueva *et al.*, 2000). A propagação da vazão através de rede de condutos foi realizada usando modelo hidrodinâmico (Villanueva, 1990 *apud* Villanueva *et al.*, 2000).

Os resultados das simulações permitiram a identificação dos pontos em que a rede de drenagem respondia insuficientemente. Em seguida, foram avaliadas as possíveis soluções a serem implantadas em cada bacia, para que fossem controlados os excessos de vazão. Para seleção de alternativas viáveis ao controle das áreas de inundação, estipulou-se critérios, dentre os quais a estimativa do custo de implementação para cada medida proposta (Villanueva *et al.*, 2001).

5.3 – SANTO ANDRÉ

O Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André (SEMASA) teve suas competências alteradas em 1997, permitindo o planejamento dos segmentos do saneamento de forma mais integrada. Essa reforma da autarquia possibilitou planejar, projetar e executar serviços relacionados à drenagem de águas pluviais, além do abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto (SEMASA, 2005).

A elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Santo André foi contratada em 1998 com o objetivo a contenção das vazões de pico a montante das bacias críticas e a redução das inundações no município, de acordo com sua gravidade e frequência.

Nesse mesmo ano entrou em vigor a lei municipal para a cobrança de taxa para a drenagem, com o intuito de remunerar os custos com a manutenção do sistema de drenagem urbana. O SEMASA (2005) estima que são necessários, anualmente, cerca de seis milhões de reais para manter o sistema em condições adequadas de funcionamento.

O PDDrU de Santo André aborda a capacidade de suporte dos cursos d'água, a necessidade do monitoramento efetivo das chuvas e vazões decorrentes dessas precipitações, bem como o aprimoramento dos métodos de cálculo e dimensionamento das obras e o aperfeiçoamento do sistema de alerta, uma vez que muitas das ações previstas foram elaboradas para horizontes de médio e longo prazo (Vaz Junior *et al.*, 1999).

Segundo Vaz Junior *et al.* (1999), a elaboração do Plano foi dividida em quatro etapas:

- ✓ Consolidação da base de dados;
- ✓ Diagnóstico da situação atual;
- ✓ Proposições para ampliação e melhorias do sistema;
- ✓ Plano de ações e sistemas de supervisão e controle.

Na primeira etapa foram coletados e analisados os dados e informações de interesse aos estudos. Além disso, realizou-se visitas de campo com o objetivo de possibilitar um melhor conhecimento da área e dos respectivos problemas de drenagem.

O diagnóstico, na segunda etapa, forneceu um quadro geral do desempenho dos macrodrenos naturais e artificiais nas bacias. A partir da análise dos dados, selecionaram-se os locais mais críticos, quanto à causa das inundações, para a proposição de ações corretivas imediatas, com as respectivas estimativas de custos e avaliação dos benefícios, acompanhada de recomendações para a efetiva implantação dessas ações.

Após o tratamento dos dados obtidos anteriormente, foram elaboradas, na terceira etapa, as concepções das alternativas e proposições para a ampliação do sistema de drenagem existente. Para tal, foram estabelecidos os critérios de projeto, diretrizes para os planos de uso e ocupação do solo, determinação dos modelos hidráulico/hidrológicos a serem adotados, além das avaliações econômico-financeira e social das alternativas.

A quarta e última etapa do PDDrU consistiu na proposição das ações a serem implementadas, com o objetivo de minimizar problemas decorrentes de inundação nas áreas de projeto. Tais propostas são do tipo: ações estruturais e não-estruturais da drenagem urbana; de supervisão, controle e manutenção do sistema de drenagem; a avaliação econômico-financeira e social das intervenções propostas para o controle de cheias, e dos instrumentos jurídicos necessários para a regulamentação do zoneamento de áreas de risco.

A elaboração do PDDrU de Santo André proporcionou à administração municipal a identificação e mapeamento de áreas de constante incidência de alagamentos, anteriormente desconhecidas pelas autoridades locais. Além do mapeamento de áreas com deficiência considerável da drenagem urbana, que exigiam maior atenção e cuidados dos

departamentos envolvidos nos serviços emergenciais, manutenção e projeto de drenagem. Não obstante, este material também gerou conhecimento das medidas necessárias, de forma básica, para atendimento destas questões.

5.4 – PLANO INTEGRADO DE CONTROLE DE INUNDAÇÕES PARA A BACIA DO IGUAÇU-SARAPUÍ

A bacia do Iguaçu-SarapuÍ cobre a principal porção da Baixada Fluminense inserida na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, mais frequentemente atingida pelas cheias e apresentando algumas características tais como: áreas de grande desenvolvimento urbano e industrial; ampla zona rural em processo de urbanização; mananciais importantes de abastecimento d'água da Baixada Fluminense; áreas onde a ocupação do solo conflita com as condições de habitabilidade, em especial zonas mal drenadas; características de alguns ecossistemas importantes como a mata atlântica e manguezais da baía de Guanabara.

O Plano Integrado de Controle de Inundação para a Bacia do Iguaçu-SarapuÍ – PICIBIS apresenta caracterização sócio-ambiental da bacia, diagnóstico de áreas inundáveis, proposição de ações de monitoramento e controle de inundações, além da hierarquização de obras propostas para solução dos problemas de drenagem.

A caracterização sócio-ambiental da bacia compreende o levantamento de dados, analisados e sistematizados da geomorfologia, geologia-geotecnia, pedologia, hidrometeorologia e sócio-economia, além de ocupação e uso do solo, potencial à erosão e vegetação. Essa caracterização teve por objetivo o diagnóstico, além da formulação de diretrizes para recuperação ambiental de áreas degradadas.

O diagnóstico das áreas inundáveis consistiu no estudo hidráulico da rede de drenagem, a partir de áreas de inundação conhecidas, visando identificar as causas e propor ações para o controle de enchentes.

Essas ações previstas foram divididas em duas categorias principais, estruturais e não-estruturais, e em seis subitens com suas respectivas estimativas de custo, a fim de mitigar e evitar os malefícios das inundações, sendo elas: obras de macrodrenagem, ações de apoio às obras, ordenamento do uso do solo em áreas inundáveis, programa de reassentamento,

programa de monitoramento de incidência de leptospirose e programa de recuperação ambiental.

A hierarquização das obras visa melhor alocar os recursos disponíveis para a drenagem urbana, de acordo com as necessidades observadas na etapa de diagnóstico. O método utilizado foi o de danos evitados, que consiste em associar os benefícios aos custos evitados pela implementação de projetos de controle de enchentes.

O plano foi desenvolvido a partir de análises de mapas temáticos básicos e de estudos hidrológicos e hidráulicos, com o objetivo de explicitar as principais causas dos problemas de inundação, inclusive aquelas de origem institucional. Serviu para elencar um conjunto de intervenções harmônicas, de caráter estrutural e não-estrutural.

O PICIBIS propõe como uns dos principais produtos: programa de obras complementares, no valor estimado de R\$198 milhões e um programa de iniciativas não-estruturais para a prevenção contra inundações, num valor de aproximadamente R\$169 milhões (SEMA/SERLA, 1996).

A fim de envolver a sociedade civil organizada em meados de 1994 foi criado o Comitê de Acompanhamento do Plano, composto por representantes de vários segmentos, para diagnosticar *in loco* problemas de drenagem, cujas soluções passaram a integrar o estudo.

Uma das dificuldades encontradas na implantação do PICIBIS foi equacionar a questão do reassentamento da população ribeirinha, cujas habitações além de se localizarem em áreas de risco e, conseqüentemente, de precárias condições de segurança e salubridade, impedem a execução de obras na macrodrenagem.

5.5 – ANÁLISE CRÍTICA

Esse capítulo apresenta a análise de PDDrUs e correlatos com enfoque na drenagem urbana existentes no país, restringindo-se apenas a cinco planos. Isso deve-se a dificuldade de acesso às informações relativas aos mesmos, e inclusive à obtenção do documento em si, tal como o de Curitiba.

Os principais pontos que podem ser comentados e analisados dos PDDrUs descritos são relativos: aos diagnósticos realizados, aos critérios hidráulico-hidrológicos adotados e às questões econômicas, sociais e políticas, prementes na drenagem urbana atual.

Os diagnósticos dos PDDrUs comentados anteriormente visam, praticamente, subsidiar o estudo da modelagem hidrológica a fim de conter inundações, por meio de medidas estruturais e não-estruturais.

A realização de um diagnóstico de qualidade é fundamental ao estabelecimento de cenários confiáveis e à elaboração de alternativas para a macrodrenagem. Porém, a limitação ao aspecto da quantidade da água, não considerando a sua qualidade e também o aporte de sedimentos, dificulta alcançar o objetivo primordial da melhoria da qualidade de vida dos munícipes e do meio ambiente urbano.

Infelizmente no Brasil, observa-se uma grande preocupação com os aspectos relacionados à quantidade da água pluvial, em detrimento da qualidade. Isso se deve, principalmente, às grandes demandas por saneamento básico, além de falta de uma política nacional de saneamento, corpo técnico qualificado, fiscalização de órgãos ambientais, redes de monitoramento, recursos financeiros, arcabouço legal para o setor, dentre outras.

Estudos de qualidade da água, em alguns planos, são citados como parte integrante de eventuais programas de monitoramento da bacia. Geralmente, na fase de diagnóstico não consta o levantamento de dados de qualidade da água. Apenas, o Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia do Rio Iguaçu-Sarapuí procedeu ao levantamento epidemiológico da região, tornando-se um indicativo indireto da qualidade das águas das inundações. Esse levantamento foi realizado por causa do Projeto de Despoluição da Baía de Guanabara.

A quantidade de sedimento transportado, da mesma forma que a qualidade da água, está inserida nos programas de controle de erosão. Entretanto, não foram realizados levantamentos na etapa de diagnóstico dos planos descritos.

Na maioria dos planos em análise, esses diagnósticos foram realizados utilizando-se, basicamente, mapas topográficos e temáticos, cadastros de canalizações existentes,

interferências tais como redes de água, esgoto, telefone, pontes, além de consulta aos planos e projetos existentes para a bacia. No entanto, essas informações deveriam ser contrastadas e mesmo complementadas a partir da participação das comunidades locais, sujeitas às inundações, com intuito de legitimar as verdadeiras necessidades e anseios da população.

Dessa forma, apesar da elaboração de PDDrUs, no Brasil, ser atualmente recomendada às administrações municipais, de maneira geral, carece de método adequado às realidades sócio-ambientais e institucionais locais. A inexistência de método apropriado propicia a desconsideração do sistema de drenagem como parte de um complexo ambiente urbano que deve ser articulado com os demais sistemas da infra-estrutura e com os interesses dos atores envolvidos.

Com respeito aos estudos hidrológicos realizados, deve-se comentar que o critério de risco a ser assumido para o sistema de drenagem, ou seja, o risco hidrológico adotado, geralmente corresponde a períodos de retorno de até 50 anos. O período de retorno para simulações hidrológicas deve considerar as características físicas e de uso e ocupação do solo, destacando-se as singularidades locais.

Nos aspectos hidráulicos dos planos descritos utilizou-se o escoamento superficial em regime uniforme, considerado suficiente em muitos casos, para a avaliação das capacidades de vazão em estudos com a finalidade de planejamento. No entanto, deve-se levar em conta que caso as perdas de carga localizadas venham a desempenhar papel importante, o escoamento superficial em regime gradualmente variado deve ser empregado (Barth, 1997).

A maioria dos documentos citados não contempla uma hierarquização de implementação das ações propostas, que leve em conta as questões econômicas, sociais e políticas. Comumente, tais questões são extremamente difíceis de serem tratadas no Brasil, tendo em vista a falta de recursos específicos para a drenagem urbana e a grande demanda por outros serviços de infra-estrutura. Entretanto, mesmo nesse contexto o cronograma de implementação deveria ser parte integrante do PDDrU.

Nos Planos de Caxias do Sul e Porto Alegre foram realizadas avaliações dos custos e benefícios, variando-se o risco assumido e escolhendo-se aquelas alternativas que conduzissem ao maior desempenho econômico. A aplicação desse conceito no Brasil, ainda é dificultada pela escassez de dados para o cálculo dos benefícios ou danos evitados.

No aspecto sócio-político, as invasões de áreas ribeirinhas se configuram em uma prática comum, devido à falta de uma política habitacional que atenda à demanda por áreas para a construção de moradias. Apesar do poder público, geralmente, ser ágil em fazer valer o direito de propriedade privada, impedindo a ocupação de terrenos particulares, ainda que desocupados, não demonstra a mesma agilidade em se tratando de áreas públicas, como as margens dos rios ocasionando, assim, transtornos à sociedade.

Com o intuito de ilustrar as diferenças de forma e de conteúdo dos planos diagnosticados apresenta-se a Tabela 5.2. Salienta-se, por exemplo, que as medidas de controle de infiltração e percolação, ainda não estão amplamente disseminadas.

Tabela 5.2: Características observadas no diagnóstico dos PDDrUs de Belo Horizonte, Caxias do Sul, Porto Alegre, Santo André e Plano Integrado de Controle de Inundações da Bacia do Iguazu-Sarapuí.

Assunto Plano	Objetivo principal do Plano	Planejamento		Modalidade de medidas de controle**	Avaliação do desempenho do Plano
		Participativo	Técnicas de cenários futuros		
Belo Horizonte	Controle de inundações e poluição	Não	Não	E	Não
Caxias do Sul	Controle de inundações	Não	Sim	E	Não
Porto Alegre	Controle de inundações	Não	Sim	E	Não
Santo André	Controle de inundações	Não	Não	A	Não
PICIBIS*	Controle de inundações	Sim	Não	E	Não

* Plano Integrado de Controle de Inundações da Bacia do Iguazu-Sarapuí.

** Modalidade de medida de controle, preponderante, utilizada na respectiva unidade territorial: (A) Armazenamento e (E) Aumento da eficiência do escoamento.

Então, fica evidente a necessidade do planejamento para a implantação de PDDrUs, e principalmente, o equacionamento da questão financeira. A participação da comunidade

pode funcionar como uma pressão política com o intento de agilizar a busca e liberação dos recursos necessários, viabilizando a sua elaboração e implementação.

6 – ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE PDDrU

Planejar a drenagem urbana significa definir a melhor maneira de transportar, armazenar, percolar, infiltrar e/ou filtrar as águas pluviais, prevendo os pontos onde se localizam ou se localizarão as atividades econômicas, e todos os usos do espaço, atuais e futuros. Esse planejamento permite garantir melhores condições de salubridade da cidade, de desenvolvimento econômico e a melhoria da qualidade de vida da população.

Assim, esta proposta de método consiste em desenvolver um roteiro que visa oferecer um conjunto de diretrizes e procedimentos para auxiliar administradores públicos municipais, técnicos especialistas e cidadãos a construir participativamente o plano diretor de drenagem urbana (PDDrU).

Entretanto, esse método não deve ser entendido como um método infalível de planejamento urbano. Mas sim, como subsídio à tarefa de planejar os sistemas de drenagem orientados para um desenvolvimento sustentável crescente, segundo um enfoque integrador das intervenções setoriais e cuja efetividade estará assegurada pela participação da sociedade e pela avaliação periódica do plano.

Os procedimentos aqui propostos respeitam a diversidade das regiões e municípios brasileiros. De modo algum devem ser lidos como verdade absoluta para elaborar planos diretores de drenagem urbana em série, idênticos e padronizados, sem qualquer relação com a realidade social, política e territorial local de cada município.

Os termos “deve” ou “devem” são utilizados onde a prática é suficientemente padronizada no âmbito da gestão da drenagem urbana, ou indicando proteção à saúde pública justificando uma certa imposição. Outros termos como “recomenda-se”, “sugerido” e “preferido”, incluem procedimentos ou métodos apresentados como uma opção de escolha.

A Figura 6.1 apresenta o Fluxograma Geral para a Elaboração e Implantação (FGEI) de Planos Diretores de Drenagem Urbana, proposto como sistema de suporte à decisão para a gestão da drenagem urbana. O FGEI é composto por sete etapas descritas na seqüência, além da participação da comunidade, que permeia toda a sua elaboração.

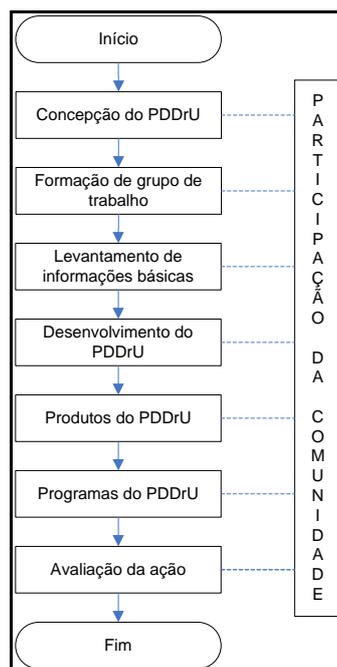


Figura 6.1 – Fluxograma Geral para Elaboração e Implantação de PDDrU.

6.1 – PARTICIPAÇÃO DA COMUNIDADE

A elaboração e implantação do PDDrU requerem a formatação de um modelo de planejamento participativo e de caráter permanente. Nesse modelo, deverá ficar bem claro e transparente em quais etapas, com que objetivos e de que forma os diferentes grupos populacionais articularão e formalizarão seus interesses e suas apreciações em relação às diversas questões colocadas.

Inicialmente, pode-se classificar o grau de envolvimento da comunidade na elaboração do plano sendo diferenciado, dependendo das características da sociedade local. Por exemplo, os níveis podem ser hierarquizados de menor para maior participação, conforme a classificação a seguir:

- ✓ **Nível 0 – a comunidade não participa:** Não há participação na elaboração, acompanhamento e implantação do plano.
- ✓ **Nível 1 – a comunidade é informada:** Promove-se a divulgação do PDDrU e espera-se a sua conformidade.
- ✓ **Nível 2 – a comunidade é consultada:** a Administração Pública busca apoios que facilitem a aceitação, aprovação e o cumprimento do plano.

- ✓ **Nível 3 – a comunidade opina:** a Administração Pública apresenta o PDDrU já elaborado e convida a comunidade para que o mesmo seja questionado, esperando modificá-lo, apenas no que for estritamente necessário.
- ✓ **Nível 4 – a elaboração é conjunta:** a Administração Pública apresenta a informação à comunidade junto com um contexto de soluções possíveis, convidando-a a tomar decisões que possam ser incorporadas ao PDDrU.

Um mesmo município pode apresentar diferenciados níveis de participação a depender, por exemplo, de seu porte, das características sócio-econômicas, de fatores políticos, dentre outros. O caminho natural, de aprimoramento desse processo, seria de atingir o nível 1 de forma integral em todo o município, para então buscar outros níveis de maior participação.

É importante determinar quais serão os atores envolvidos no processo de planejamento. Três grandes grupos podem representar as comunidades na elaboração do plano: Administração Pública; organizações sociais, econômicas, profissionais, culturais, etc. e população residente no município.

Em seguida, pode-se determinar as formas de participação da comunidade no processo de planejamento e tomada de decisão, salientando-se que a Administração Municipal deve participar ativamente, coordenando e colaborando no desenvolvimento do processo. Dentre as formas de participação pode-se citar:

- ✓ Participação direta da comunidade, por meio de apresentações, debates, discussões e/ou pesquisas de forma a expressar opiniões individuais ou coletivas.
- ✓ Participação em etapas do plano, por meio de observações ou sugestões ao trabalho.
- ✓ Participação por meio de grupos de trabalho, onde há a apreciação de temas, previamente escolhidos.

De maneira geral, o modelo participativo deverá dedicar esforços no sentido de formalizar as questões numa linguagem clara e suficientemente inteligível para possibilitar e até promover a participação almejada.

A participação da comunidade é imprescindível para a identificação e caracterização dos problemas enfrentados decorrentes das inundações. No entanto, a apropriação efetiva do

plano pela comunidade só será assegurada a partir da inclusão da mesma em todas as etapas de formulação, a fim de garantir o bom êxito na implementação.

Essa participação pode acontecer, por exemplo, por meio de consultas e audiências públicas, encontros técnicos e oficinas de trabalho, possibilitando a identificação preliminar de focos de problema. Além disso, favorecem a realização de discussões sobre alternativas de solução dos mesmos, fortalecendo a interação entre a equipe técnica, órgãos de governo e sociedade civil organizada, incorporando contribuições ao plano.

6.2 – CONCEPÇÃO DO PDDrU

A concepção do PDDrU, no processo de gerenciamento da drenagem urbana, deve levar em consideração as inter-relações existentes entre o uso do solo, proteção ambiental e recursos hídricos, tanto no ambiente interno quanto externo à cidade (Figura 6.2).

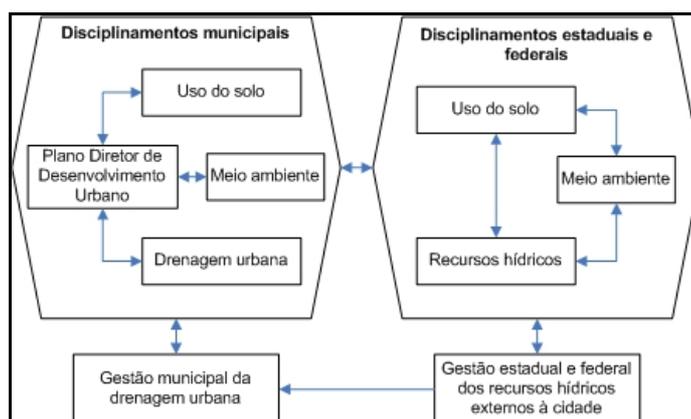


Figura 6.2 – Sistema de gerenciamento da drenagem urbana, considerado durante a concepção do PDDrU (modificado – EEC/UFG e WEDC, 2003).

As inter-relações internas são atribuídas ao município ou, em alguns casos, ao consórcio de municípios, dependendo das características das bacias urbanas, seu desenvolvimento e a vontade política de seus administradores. As inter-relações externas à cidade são atribuídas aos Comitês de Bacias Hidrográficas, aos Estados e à União.

Dessa forma, o PDDrU deve ser compatível e integrado às demais políticas, planos e disciplinamentos do município relacionadas ao gerenciamento do espaço urbano. Nesse intuito, o PDDrU visa, preponderantemente:

- ✓ Contribuir para o desenvolvimento sustentável do ambiente urbano;

- ✓ Priorizar programas e projetos que visem à implantação e ampliação de medidas de controle em áreas ocupadas por população de baixa renda;
- ✓ Assegurar que a aplicação dos recursos financeiros administrados pelo poder público se dê segundo critérios de promoção da salubridade ambiental, da maximização da relação benefício-custo e de maior retorno social interno;
- ✓ Estabelecer mecanismos de regulação e fiscalização do sistema de drenagem urbana;
- ✓ Utilizar indicadores da drenagem urbana sustentável no planejamento, implementação e avaliação da eficácia das medidas de controle das cheias;
- ✓ Minimizar os impactos ambientais relacionados à implantação e desenvolvimento das medidas de controle estruturais, obras e serviços de drenagem urbana e assegurar que sejam implementadas de acordo com as normas relativas à proteção ao meio ambiente, ao uso e ocupação do solo e à saúde pública;
- ✓ Promover a organização, o planejamento e o desenvolvimento da drenagem urbana, com ênfase na capacitação gerencial e na formação de recursos humanos, considerando as especificidades locais e as demandas da população;
- ✓ Promover o aperfeiçoamento institucional e tecnológico do município, visando assegurar a adoção de mecanismos adequados ao planejamento, implantação, monitoramento, operação, recuperação, manutenção preventiva, melhoria e atualização do sistema de drenagem.

Após a definição dos objetivos do PDDrU, recomenda-se determinar as estratégias ou diretrizes para a elaboração do mesmo. No entanto, ressalta-se a necessidade de atender as peculiaridades locais, sejam físicas, econômicas, sociais ou políticas do município.

As diretrizes para a elaboração do PDDrU são, basicamente, orientações para as ações de prevenção e mitigação dos danos causados pelas inundações, e para serem concretizadas, exigem a consonância com os objetivos desse plano. A seguir são exemplificadas algumas dessas diretrizes (ABRH, 1995, ASSEMAE, 2004 e IPH/UFRGS, 2002a):

- ✓ O plano diretor de drenagem urbana deverá fazer parte do desenvolvimento urbano e ambiental da cidade;
- ✓ O PDDrU deverá ser desenvolvido para um horizonte temporal da ordem de vinte anos, possibilitando ser implementados e avaliados seus produtos e programas, salvaguardando sempre a necessidade de revisão do mesmo;

- ✓ Cada usuário urbano não deve ampliar a cheia natural;
- ✓ Os impactos na drenagem urbana de quaisquer tipos de uso e ocupação do solo não devem ser transferidos na bacia hidrográfica;
- ✓ O PDDrU deve prever a minimização do impacto ambiental devido ao escoamento pluvial;
- ✓ O PDDrU, na sua regulamentação, deve contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas;
- ✓ O controle deve ser realizado considerando a bacia como um todo e não como trechos isolados;
- ✓ Os meios de implementação do controle de enchentes são o PDDrU, o plano de ação, as legislações municipal/estadual, o plano de controle e o manual de drenagem;
- ✓ O controle de enchentes é um processo permanente;
- ✓ O custo do controle e operação do sistema de drenagem deve ser transferido para os proprietários proporcionalmente à área impermeável das propriedades;
- ✓ A promoção de ações de educação sanitária e ambiental como instrumento de conscientização da população sobre a importância da preservação das áreas permeáveis e o correto manejo das águas pluviais deve ser realizada permanentemente;
- ✓ O atendimento adequado de infra-estrutura e ações de manejo das águas pluviais, com vistas a promover a saúde, a segurança da vida e do patrimônio, além de reduzir os prejuízos econômicos decorrentes das enchentes urbanas deve ser assegurado a toda população;
- ✓ O equacionamento de situações que envolvam riscos à vida, à saúde pública ou perdas materiais deve ser incentivado;
- ✓ As alternativas de tratamento de fundos de vale de menor impacto ao meio ambiente, que assegurem as áreas de preservação permanente e o tratamento urbanístico e paisagístico nas áreas remanescentes devem ser incentivadas;
- ✓ A expansão de áreas impermeáveis deve ser minimizada;
- ✓ Os lançamentos ilegais de efluentes líquidos e de resíduos sólidos de qualquer natureza nos sistemas de drenagem pluvial devem ser eliminados;
- ✓ O aproveitamento das águas pluviais, condicionado ao atendimento dos requisitos de saúde pública e de proteção ambiental pertinentes deve ser incentivado;
- ✓ O controle do escoamento urbano deve ocorrer preferivelmente na fonte.

6.3 – FORMAÇÃO DE GRUPO DE TRABALHO

Posteriormente à concepção do PDDrU, a prefeitura deverá definir uma equipe de coordenação, formada por técnicos de diversos setores da administração municipal. Se necessário essa equipe poderá ser complementada com outros profissionais especialistas ou consultores contratados. Os contratos desses profissionais devem incluir cláusulas que prevejam a transferência eficaz do conhecimento e efetiva capacitação da equipe técnica local, participante da elaboração do plano.

A formação do grupo de trabalho possibilitará a sensibilização e conscientização dos atores envolvidos, assim como a organização dos recursos humanos, seu comprometimento com o processo e a assimilação dos conhecimentos junto à equipe técnica. Essa etapa deve receber uma atenção muito especial, com investimentos maciços de tempo e recursos financeiros, correndo o risco do PDDrU não ser efetivamente implementado.

Uma composição adequada para a formação do grupo de trabalho seria composta de todos os órgãos municipais que estejam relacionados com a gestão da drenagem urbana, como por exemplo:

- ✓ **Autarquias ou departamentos ligados ao saneamento:** para promover uma integração entre a drenagem urbana e os demais componentes do saneamento;
- ✓ **Secretarias municipais da área de infra-estrutura urbana:** para promover a integração e compatibilização entre os elementos do meio urbano, detentores das informações necessárias a um bom planejamento do sistema de drenagem, como secretarias de: obras de infra-estrutura, habitação, transportes e meio ambiente;
- ✓ **Secretarias municipais de administração e finanças:** a fim de gerenciar os recursos financeiros disponíveis para a elaboração e implantação do PDDrU, como secretarias de: planejamento, finanças e regulamentação urbana;
- ✓ **Secretarias municipais da área social:** para permitir a sensibilização de todos os segmentos da sociedade, além de promover a obtenção de dados relevantes ao diagnóstico da drenagem municipal e a fim de tornar possível a apropriação do plano pela comunidade, como secretarias de: saúde, cultura, educação e assistência social.

Para orientar a formação desses grupos de trabalho, propõe-se a identificação das atribuições preponderantes de cada secretaria na elaboração e implementação do PDDrU, fazendo com que a equipe selecionada contribua de forma substancial no processo de planejamento da drenagem urbana.

Nesse contexto, vale salientar que a formação dos grupos de trabalho deve ser flexível, ou seja, permitindo a participação de especialistas-voluntários da área de conhecimento de interesse específico às características do município. A composição dos grupos de trabalho, de maneira geral, não deve se limitar apenas aos órgãos municipais descritos, devendo também, possibilitar a participação da sociedade civil organizada.

6.4 – LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES BÁSICAS

O processo de planejamento exige o levantamento de informações básicas relevantes acerca do município objeto da elaboração do PDDrU. Recomenda-se, ao longo do tempo, o cuidado de obter e armazenar essas informações, implantando um banco de dados integrado, capaz de auxiliar na tomada de decisões.

Esse levantamento é fundamental para evitar o alto índice de decisões equivocadas que oneram desnecessariamente todo o processo de planejamento. Infelizmente no Brasil, não há ainda a cultura de levantamento contínuo de dados, levando os planejadores e técnicos a tomarem decisões mediante a formulação de hipóteses de trabalho e aplicação de modelos de simulação nem sempre respaldadas por informações diretas. A confecção do PDDrU exige a criação de banco de dados integrado, a fim de torná-lo mais robusto.

Durante a aquisição das informações é importante explicitar em detalhe os dados empregados na elaboração do plano, ressaltando suas falhas e limitações que, de algum modo, determinem simplificações e influenciem nas decisões importantes. Dessa forma, pode-se direcionar ações que consigam, em um futuro próximo, sanar a grande carência de informações e permitir uma nova versão, mais fundamentada, do PDDrU.

Deve-se buscar, sempre que possível, a realização de entrevistas com a população, visando a obtenção de informações complementares ou mesmo para contrastar com os resultados de simulações hidráulica e hidrológica, essencial para o desenvolvimento do PDDrU. As

informações oriundas de entrevistas podem permitir a identificação de pontos de inundação e sua frequência; localização e determinação do grau de erosão e assoreamento nas bacias hidrográficas, ou mesmo conhecimento indireto da qualidade da água, por meio da incidência de doenças de veiculação hídrica na população.

As informações básicas a serem levantadas do município e conseqüentemente das sub-bacias que o contém são exemplificadas na Figura 6.3. A utilidade do levantamento dependerá do tipo de informação necessária para as etapas seguintes do PDDrU.

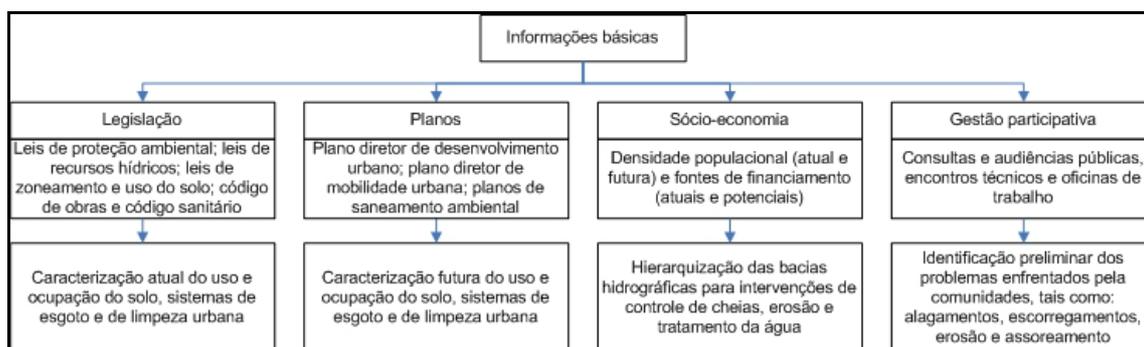


Figura 6.3 – Representação esquemática das informações básicas a serem levantadas e suas respectivas aplicações na etapa subsequente.

Essa etapa da elaboração do PDDrU consiste na obtenção de informações básicas para a realização de uma primeira leitura participativa do município e posterior desenvolvimento desse plano, tais como: caracterização da ocupação urbana atual e futura; fontes atuais ou potenciais de financiamento, levantamento do quadro institucional, as legislações acerca da proteção ambiental e o uso e ocupação do solo. Além disso, o Plano de Desenvolvimento Urbano, Plano Diretor de Mobilidade e Planos de Saneamento Básico e Limpeza Urbana devem ser considerados, subsidiando o diagnóstico da drenagem urbana municipal.

6.5 – DESENVOLVIMENTO DO PDDrU

A quarta etapa do FGEI refere-se, basicamente, ao desenvolvimento do PDDrU, ou seja, o diagnóstico, prospecção da drenagem urbana e posterior proposição de medidas de prevenção, correção e controle de inundações (Figura 6.4). Essas fases são detalhadas a seguir.

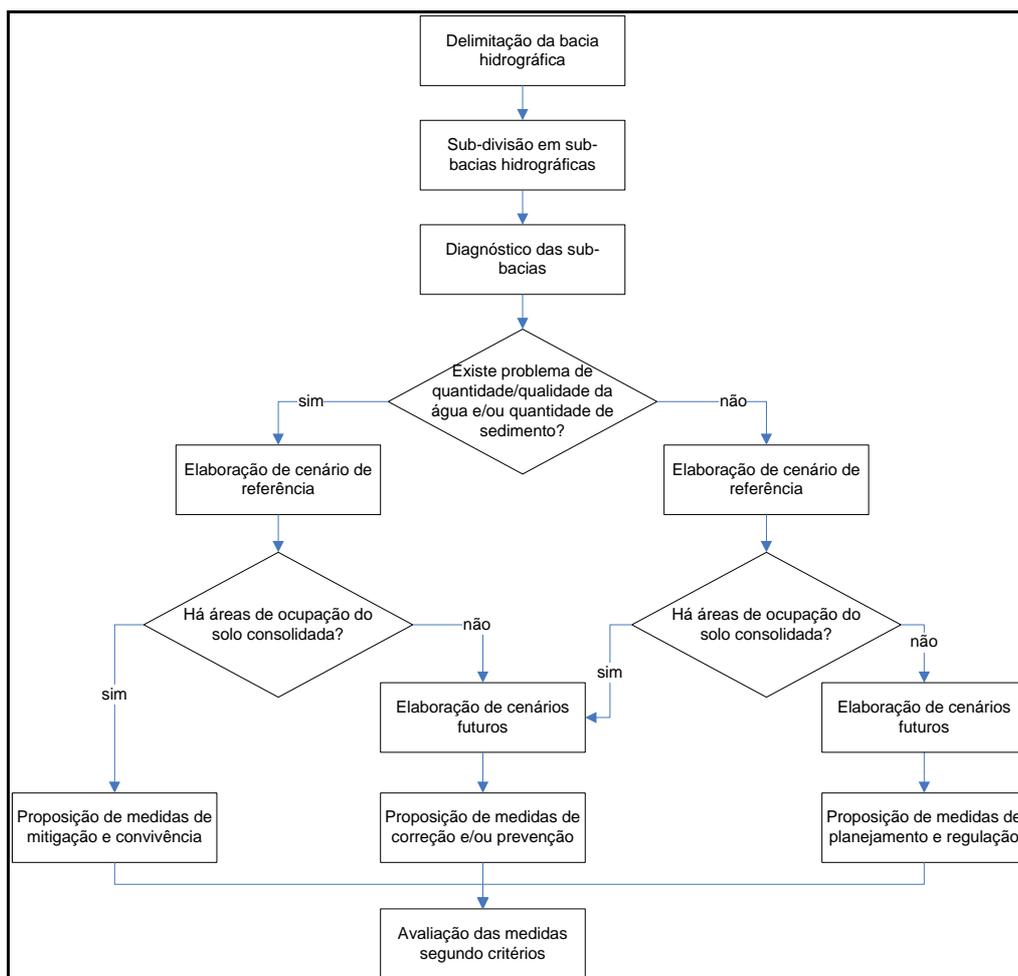


Figura 6.4 – Representação esquemática do desenvolvimento do PDDrU.

6.5.1 – Delimitação e sub-divisão da bacia hidrográfica

Inicialmente para o desenvolvimento do PDDrU, a bacia hidrológica que contém o município, objeto do plano diretor, deverá ser delimitada e posteriormente subdividida em unidades menores, levando em consideração os divisores de água que definem a área de drenagem dos sistemas fluviais mais relevantes do município.

É de fundamental importância determinar em seguida a escala espacial a ser adotada. Por exemplo, pode-se dividir um sistema fluvial principal num conjunto pequeno ou grande de ramificações de canais, lagos e reservatórios. Essa escolha depende do grau de detalhamento espacial que se deseja realizar e da disponibilidade de dados para a determinação dos hidrogramas de cheia, da qualidade da água e a geração, transporte e/ou deposição de sedimento de uma dada bacia hidrográfica. A definição da escala espacial de

estudo adequada permitirá identificar os locais críticos quanto às inundações devido à variabilidade da capacidade de suporte do sistema de drenagem.

Nesse texto considera-se a capacidade de suporte do sistema de drenagem como a vazão das águas pluviais, suas respectivas características físico-químicas e bacteriológicas e a carga de sólidos carregados pela corrente fluvial que não compromete a habilidade de habitats ou ecossistemas sustentar vida, propiciando certo bem estar para a população urbana.

Geralmente, as bacias ocupadas pelo processo de urbanização são de pequeno e médio porte. Devido à variação natural dos parâmetros que influem no comportamento hidrológico da bacia, a distinção entre bacias pequenas e médias é imprecisa e até mesmo subjetiva. Comumente, bacias com tempo de concentração inferior à uma hora e/ou área de drenagem não superior a 2,5 km² são classificadas como pequenas. As bacias com tempo de concentração superior a 12 horas e/ou área de drenagem maior que 1.000 km² se classificam como grandes; bacias médias se situam entre esses dois tipos descritos (Cardoso Neto, 2005).

6.5.2 – Diagnóstico da sub-bacia hidrográfica

Nesta seção serão abordados os elementos necessários para a caracterização e diagnóstico, das sub-bacias hidrográficas na atualidade, visando à determinação da quantidade e qualidade da água, além da quantidade de sedimento. A equipe responsável pela execução desses estudos poderá tomar como base as diretrizes expressas nesse roteiro sem, no entanto se limitar ao mesmo.

Para orientar a realização dessa fase, assuntos específicos podem ser escolhidos a fim de direcionar a composição do diagnóstico do município em relação ao sistema de drenagem urbana. A título de exemplo, a Tabela 6.1 apresenta um esquema temático proposto por Vaz Filho e Cordeiro (2000) para o diagnóstico do sistema de drenagem urbana de municípios da região central do estado de São Paulo.

Tabela 6.1 – Esquema temático proposto para orientar o diagnóstico municipal do sistema de drenagem urbana (modificado – Vaz Filho e Cordeiro, 2000).

Assunto	Objetivos
Administração municipal	Identificar o órgão responsável pelo sistema e verificar o organograma administrativo do mesmo e se possível da prefeitura.
Integração	Verificar se há integração entre diversos setores que gerenciam os sistemas de infra-estrutura urbana, tais como: planejamento conjunto; planos para a minimização das interferências existentes entre os diversos sistemas; contato prévio entre os diversos setores de planejamento da infra-estrutura, quando da execução de projetos ou obras, para se tomar conhecimento de possíveis interferências.
Cadastro	Verificar se o município possui cadastro da rede de drenagem, suas características e a disposição espacial das estruturas de controle existentes.
Tipologia	Verificar se os dispositivos de controle possuem padronização e qual a tipologia adotada.
Interligação	Verificar se há no município a interligação entre a micro e macrodrenagem e como é realizado o controle da mesma.
Manutenção	Verificar se existe manutenção e limpeza dos dispositivos de drenagem, a periodicidade com a qual o serviço é executado, as atividades envolvidas e os equipamentos e ferramentas utilizadas.
Macro drenagem	Verificar a existência da limpeza de canais e galerias, a periodicidade com a qual o serviço é executado, e qual é a disposição final dos resíduos extraídos da limpeza.
Varição Pública	Verificar se o município executa a varrição pública, se o serviço atinge todas as bacias que possuem redes de microdrenagem e a frequência com a qual o serviço é executado.
Legislação	Verificar se existe legislação que aborda a questão de materiais depositados nas vias públicas e como o assunto é tratado.
Recapeamento asfáltico e pavimentação	Verificar se precauções são tomadas envolvendo a interferência do recapeamento asfáltico com os dispositivos de drenagem e verificar se a prefeitura implanta as redes de esgoto de águas pluviais e os dispositivos de controle que compõem o sistema de drenagem antes da pavimentação asfáltica.
Projeto	Verificar se as redes de drenagem no município são implementadas a partir de projetos.

Outro exemplo, o Plano Municipal de Saneamento Ambiental do município de Alagoinhas, Bahia, buscou estabelecer os fatores que influenciam no sistema de drenagem urbana, como apresentando na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Fatores que influenciam a drenagem urbana, por tipo, segundo tópicos de abordagem (modificado – Silva *et al.*, 2005).

Tipo	Fatores	Tópicos para abordagem
Climatológico	Regime de chuvas intensas	✓ Representatividade da equação intensidade x duração x frequência
	Arranjo do traçado urbano	✓ Interação com a topografia ✓ Respeito ao sistema natural de drenagem ✓ Nível de impermeabilização dos terrenos ✓ Erodibilidade dos terrenos ✓ Ocupação marginal dos corpos receptores
	Usos do solo	✓ Nível de impermeabilização dos terrenos ✓ Erodibilidade dos terrenos ✓ Ocupação marginal dos corpos receptores
Ambiental	Padrões de conforto das vias	✓ De pedestres ✓ De grande fluxo de veículos e de pedestres ✓ De grande fluxo de veículos e baixo fluxo de pedestres ✓ De médio movimento ✓ De acesso local
	Interação com demais equipamentos de saneamento urbano	✓ Lançamento de efluentes domésticos na rede ✓ Lançamento de outros efluentes na rede ✓ Deposição de lixo nas galerias e canais ✓ Dispersão de sedimentos nas vias
	Estruturas de micro drenagem	✓ Dimensão dos dispositivos hidráulicos ✓ Padrão construtivo ✓ Adequação do conjunto de dispositivos ✓ Manutenção e conservação dos dispositivos
Tecnológico	Estruturas de macro drenagem	✓ Dimensão dos dispositivos hidráulicos ✓ Padrão construtivo ✓ Adequação do conjunto de dispositivos ✓ Manutenção e conservação dos dispositivos
	Aspectos gerenciais	✓ Interatividade dos componentes ✓ Aporte financeiro no orçamento ✓ Recursos humanos ✓ Planejamento das ações e estudos existentes
Institucional	Aspectos legais	✓ Existência de normas e outros instrumentos ✓ Aplicação dos dispositivos

A realização do diagnóstico compreende, basicamente, levantamento bibliográfico, análise cartográfica, atividades de campo e laboratorial, quando necessário. De maneira geral, sugere-se que as informações a serem levantadas sejam agrupadas por bairros, zonas ou sub-bacias, em banco de dados retro-alimentável.

Geralmente, após a pesquisa bibliográfica realiza-se o estudo de mapas cartográficos, fotografias aéreas e/ou de imagens orbitais no intuito de direcionar as atividades de campo e laboratório.

A equipe responsável por essa fase deve tomar o cuidado em não perder o foco do diagnóstico da drenagem urbana, evitando-se o levantamento e a armazenagem de dados ou informações irrelevantes à elaboração do PDDrU.

Para isso, deve-se ter claro que o objetivo do diagnóstico da drenagem urbana implica no inventário sócio-ambiental da situação presente do município, buscando informações de quantidade e qualidade d'água e quantidade de sedimento que permitam uma avaliação eficiente das medidas propostas, descritas a seguir.

6.5.2.1 – Qualidade da água

Para orientar a realização de estudos de alterações da qualidade da água de corpos receptores devido à contribuição da drenagem de áreas urbanas deve-se, inicialmente, estabelecer objetivos como os recomendados por Huber (1986 *apud* Porto, 1995):

- ✓ Caracterização do escoamento superficial urbano;
- ✓ Análise do estado atual e comportamento do corpo receptor;
- ✓ Dimensionamento e determinação do efeito de medidas de controle da poluição por cargas difusas de origem urbana;
- ✓ Análise de frequência das variáveis de qualidade da água para o estudo da variação das cargas e concentrações;
- ✓ Fornecimento de subsídios às análises benefício-custo das alternativas de controle a serem implementadas.

Deve-se definir, em função do enquadramento do corpo d'água e de outras características consideradas de relevância da bacia hidrográfica, os parâmetros de qualidade da água a serem analisados. Além disso, parâmetros específicos utilizados na aplicação de modelos matemáticos devem ser considerados.

Sempre que possível, deverá se determinar a qualidade da água a partir do levantamento de dados e informações da bacia hidrográfica, considerando sua consistência, tratamento,

interpretação e a utilização de modelos matemáticos. Esses dados são, basicamente, relativos aos constituintes físico-químicos e biológicos da água.

Caso não existam essas informações ou as mesmas sejam insuficientes deverá se efetuar o levantamento de dados primários por meio, por exemplo, do estabelecimento de rede de amostragem de qualidade das águas, baseada na análise do uso e ocupação do solo, hidrografia, sistema viário, fontes de poluição pontuais e difusas, rede hidrométrica existente. Para o estabelecimento das estações hidrométricas o Ministério do Meio Ambiente (MMA/SRH, 2001), recomenda o reconhecimento da área, associando-se coletas exploratórias e a caracterização expedita dos habitats.

Após a obtenção dos dados de qualidade da água, aplica-se um tratamento por meio de estatística descritiva ou emprego de índices físico-químicos e biológicos. Os resultados poderão correlacionar os índices obtidos com os aspectos sanitários de uso e ocupação do solo, ou com a manutenção da integridade dos ecossistemas aquáticos.

Uma amostragem adequada deve cobrir um ano hidrológico. No entanto, a frequência hidrológica deverá ser estabelecida de acordo com o regime hídrico, contemplando as diferenças sazonais, e outras peculiaridades inerentes à bacia hidrográfica.

Os métodos e técnicas de coleta, preservação e análises laboratoriais das amostras de água deverão atender às normas nacionais vigentes. No entanto, normas de cunho internacional poderão ser adotadas, desde que devidamente relatadas e justificadas no método dos estudos. Em ambos os casos, os limites de detecção dos métodos analíticos deverão ser especificados.

6.5.2.2 – Hidrograma de cheia

A quantificação das vazões de cheia (hidrograma de cheia), envolve um complexo processo de transformação da chuva em vazão, podendo ser simplificada teoricamente por meio de modelos matemáticos. Empregam-se esses modelos com a finalidade de representar o processo de maneira relativamente simples, fornecendo resultados compatíveis com os observados por meio de medições de precipitações e vazões. Alguns

exemplos desses modelos são: hidrogramas medidos, método racional, hidrograma unitário, hidrograma em S e hidrograma adimensional do SCS, dentre outros.

Deve-se levar em conta que as ondas de cheia em canais, rios ou sistemas de drenagens, assim como as alterações de nível representam situações físicas, normalmente consideradas, em regime não permanente ou variado, ou seja, as características mudam em função do tempo e do espaço. O tratamento matemático desse tipo de escoamento é, geralmente, realizado por meio de modelos hidráulico-hidrológicos.

Esses modelos são construídos a partir de uma abordagem física do processo hidrológico, utilizando-se a equação da conservação da massa e as equações do movimento (Equações de Saint-Venant), na sua forma completa ou simplificada (Righetto,1998).

Caso as alterações sofridas pelo escoamento sejam de pequena magnitude e ocorram de modo progressivo, pode-se supor como simplificação, que o escoamento é permanente, ao menos em intervalos curtos de tempo.

Uma vez calculado quanto da chuva se transforma em escoamento, essas águas devem ser propagadas até a entrada na rede de macrodrenagem. Para a realização desses cálculos existem diversos métodos, tais como: Clark, Nash, Onda Cinemática, entre outros modelos conceituais lineares e não lineares (Villanueva e Tucci, 2000), além dos métodos baseados no hidrograma sintético (lineares).

Com a finalidade de facilitar a determinação dos hidrogramas de cheia, alguns algoritmos foram desenvolvidos, analisando o caminhamento do fluxo da água por um sistema constituído por canais e reservatórios. Esses algoritmos são implementados por meio de *softwares*, sendo os principais nacionais: IPH II, IPHS1 e ABC6. Esses programas possuem como características primordiais: a interface gráfica baseada em uma estrutura de rede de fluxo, textos e sub-rotinas de apoio ao usuário para escolher os parâmetros de simulação.

No intuito de guiar os estudos hidrometeorológicos, poderá ser feito levantamento, apropriação, análise e adequação das informações disponíveis sobre os recursos hídricos superficiais. No caso de insuficiência de informações na bacia, dados relativos a outras

bacias hidrográficas deverão ser utilizados, desde que potencialmente comparáveis à bacia de interesse de estudo. Esses estudos podem abranger, por exemplo, as seguintes atividades:

- ✓ Levantamento e análise dos dados meteorológicos e climatológicos com vistas à estimativa mensal da evapotranspiração;
- ✓ Obtenção de séries fluviométricas mensais, características do período histórico considerado para cada unidade hidrográfica do município;
- ✓ Cadastro da rede pluvial e de estruturas de controle de inundações;
- ✓ Levantamento dos projetos de drenagem em execução e os a serem implementados;
- ✓ Análise de continuidade das séries fluviométricas mensais;
- ✓ Extensão de séries temporais, de forma a homogeneizar o período de dados, baseadas em estudo de interpolação, correlação estatística e/ou modelagem matemática dos processos naturais hidrológicos;
- ✓ Estimativa de probabilidade de ocorrência de eventos extremos;
- ✓ Regionalização das vazões médias e máximas quando houver falta de dados da sub-bacia hidrográfica, objeto de estudo;
- ✓ Análise e representação cartográfica do risco de inundações,
- ✓ Identificação de carência de dados hidrometeorológicos na bacia e proposição de uma rede hidrométrica que atenda às necessidades do gerenciamento dos recursos hídricos.

6.5.2.3 – Processos sedimentológicos

Inicialmente, recomenda-se a realização do cadastro das erosões urbanas existentes na cidade. Apesar de tratar-se de um processo de degradação natural nas bacias hidrográficas, muitas vezes, essas erosões apresentam intensidade maior que a formação do solo, devido a ações antrópicas.

Com o propósito de realizar esse cadastramento deve-se, inicialmente, buscar dados ou informações junto à Administração Pública, tais como proposto por Oliveira *et al.* (1990):

- ✓ Planta de detalhe da área urbana;
- ✓ Caracterização das ocorrências das erosões (localização, acesso, importância para o município, histórico de ocorrência, medidas de controle realizadas, rede de

- drenagem da bacia de contribuição, eventuais projetos realizados, dados hidrológicos, etc.);
- ✓ Tendências e formas da expansão urbana (vetores, loteamentos, conjuntos habitacionais);
 - ✓ Leis de disciplinamentos do uso e ocupação do solo eventualmente existentes (plano diretor de desenvolvimento urbano, lei de parcelamento do solo, código de obra, etc.);
 - ✓ Medidas de controle adotadas e previstas,
 - ✓ Potencial da prefeitura para o combate à erosão (capacitação técnica para elaboração de projetos, equipamentos, disponibilidade de recursos financeiros para equipamentos usados no assentamento das obras e materiais de construção).

Após a aquisição dessas informações, iniciam-se os trabalhos de campo que consistem basicamente, em visitas às áreas urbanas afetadas, com o caráter de reconhecimento das erosões indicadas pela Administração Pública ou comunidade local. Esse conjunto de informações possibilita a programação das atividades de cadastramento.

A área de entorno da erosão deve ser observada, com o intuito de identificar os locais mais afetados pelos processos erosivos. Outro local de importância é a área de montante por representar a principal contribuição de águas pluviais, sendo determinada pela posição da erosão e o pelo divisor de águas. Ocasionalmente, as áreas laterais podem também contribuir para o processo erosivo, de forma mais ou menos ativa.

Além disso, a área de jusante pode apresentar informações importantes sobre o transporte e a deposição das partículas de solo, partículas e fragmentos de rochas e resíduos sólidos erodidos que, por um lado constituem o registro do processo erosivo e, por outro, significam o impacto nos recursos hídricos dessas áreas.

A título de sugestão, a partir do reconhecimento da área, pode-se elaborar dois croquis: o primeiro, situando a área de erosão e sua interação com a malha urbana, definida pela carta topográfica fornecida pela Administração Pública, e delimitando a área da bacia de contribuição das águas pluviais.

O segundo croqui é determinado pelo levantamento dos dados geométricos da erosão, registrando-se as principais características relativas a fenômenos associados à dinâmica de evolução, obras instaladas e seu desempenho. Essas informações possibilitam estabelecer não só o nível de criticidade como, em uma primeira aproximação, a indicação das medidas de controle dos processos erosivos.

Para o diagnóstico da erosão, a identificação dos terrenos mais suscetíveis ao processo erosivo, por meio de cartas de suscetibilidade, é preferida. Essas cartas são elaboradas a partir de dados do meio físico, basicamente, relacionados: ao substrato geológico, o relevo e o solo, que irão definir categorias de terrenos mais ou menos suscetíveis aos processos erosivos, confrontados a determinados tipos de uso e ocupação do solo.

Esses mapas de suscetibilidade podem, por exemplo, ser elaborados em escalas de 1:10.000 a 1:50.000 a partir das seguintes atividades (Iwasa e Fendrich, 2001):

- ✓ Levantamento e compilação de dados sobre a região, tais como plantas topográficas, fotografias aéreas, pedologia, geologia, geomorfologia, etc;
- ✓ Identificação das erosões lineares e depósitos de assoreamento, por meio de interpretação de fotos aéreas e imagens de satélite;
- ✓ Foto-interpretação e mapeamento de campo para o reconhecimento e definição dos principais condicionantes dos processos erosivos: geologia (diferenciação litológica); geomorfologia (tipologia de encostas, ruptura de declives divisores e interflúvios, cabeceiras de drenagem, declividades do terreno) e pedologia (principais associações pedológicas);
- ✓ Elaboração de mapa de uso e ocupação do solo, por meio de foto-interpretação, com a definição das principais categorias de ocupação;
- ✓ Classificação de áreas homogêneas em relação à predominância de processos erosivos,
- ✓ Plotagem do mapa de suscetibilidade à erosão.

As áreas-fonte de sedimento, submetidas ao processo acelerado de erosão, além das áreas críticas em potencial podem ser identificadas, por exemplo, pelas seguintes atividades (MMA/SRH, 2001):

- ✓ Levantamento, a partir de dados secundários, dos focos de erosão, visando a identificação das principais tipologias;

- ✓ Elaboração do mapa de potencial erosivo na escala compatível, utilizando as informações referentes às formas de relevo, focos erosivos, erodibilidade dos solos, erosividade das chuvas, declividade, comprimento das vertentes, uso e manejo do solo;
- ✓ Utilização de modelo(s) de previsão de perda de solo para avaliar a produção de sedimentos nas sub-bacias, relacionando-as aos processos sedimentológicos;
- ✓ Identificação de áreas assoreadas a partir de dados secundários, atualizando-as e complementando-as com interpretação em imagens de satélite e reconhecimento expedido no campo,
- ✓ Subsídios à proposição de programas de monitoramento hidrometeorológico, hidrosedimentológico e de qualidade das águas superficiais e à proposição de estudos específicos direcionados à calibração e à validação dos modelos utilizados.

6.5.3 – Elaboração do cenário de referência

Após o conhecimento do cenário atual da drenagem urbana das bacias hidrográficas, propõe-se definir um cenário de referência para as mesmas, ou seja, o cenário que se deseja alcançar ao longo de um horizonte de tempo pré-determinado. Essa definição levará em conta duas situações distintas.

A primeira trata-se de locais que apresentam problemas com a quantidade e qualidade de água ou quantidade de sedimento, sendo as suas causas, anteriormente, investigadas e determinadas na fase de diagnóstico. A segunda situação retrata locais nos quais não foram identificados esses tipos de problema.

O cenário de referência para as áreas que possuem problemas de drenagem urbana podem se caracterizar pelas áreas verdes revalorizadas; corpos d'água reabertos e/ou recuperados, reduzidos volumes de água pluvial escoada em vias de acesso, reduzidos danos ao patrimônio e ecossistemas aquáticos conservados.

Nesse contexto, também pode-se citar como exemplo o arranjo do sistema de drenagem como alternativas para o cenário de referência, tal como:

- ✓ **Sistema “dual” de drenagem:** Utiliza o sistema viário como componente ativo do sistema de drenagem, para períodos de retorno elevados, em complemento à rede de drenagem clássica, que corresponderia a períodos de retorno reduzidos;
- ✓ **Sistema progressivo de drenagem:** Utiliza uma combinação de obras de drenagem que incorporam técnicas compensatórias e associa a cada estrutura de controle um período de retorno distinto, possibilitando uma progressiva entrada em funcionamento do sistema quando demandado pelos eventos pluviais,
- ✓ **Sistema unitário modificado:** As águas de chuva poluídas, que escoam em vias de tráfego intenso ou setores industriais, são coletadas juntamente com as águas servidas e devidamente tratadas. As águas de chuva pouco poluídas, correspondentes das áreas residenciais, são infiltradas no solo. E por fim, as águas não poluídas podem ser infiltradas no solo ou coletadas separadamente para serem lançadas diretamente no corpo receptor ou serem utilizadas, desde que condicionadas ao atendimento dos requisitos de saúde pública.

Nos locais onde se identificar problemas na drenagem urbana deve-se promover o planejamento do sistema mais integrado, visando a prevenção de danos futuros ocasionados pelas inundações. A título de exemplo, os seguintes aspectos podem ser citados em um modelo institucional municipal eficiente:

- ✓ Autonomia gerencial e financeira do órgão gestor da drenagem de águas pluviais;
- ✓ Abordagem intermunicipal para o tratamento das questões de infra-estrutura e, portanto, da drenagem urbana;
- ✓ Integração técnica da drenagem urbana com os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e limpeza urbana;
- ✓ Fontes de financiamento adequadas para a drenagem, por exemplo, por meio de taxas associadas à ocupação do solo,
- ✓ Arcabouço jurídico do setor adequado.

6.5.4 – Elaboração de cenário futuro

Em seguida, os cenários futuros de urbanização serão elaborados, principalmente, para as áreas de ocupação não consolidada, objetos de adensamento ou expansão urbana, por haver a possibilidade de, em médio a longo prazo, ocasionarem transtornos à população, decorrentes de inundações.

Normalmente, se considera área de ocupação consolidada, a área definida por lei municipal, com densidade demográfica superior a cinco mil habitantes por km² que possua no mínimo quatro das seguintes características: malha viária com canalização de águas pluviais; rede de abastecimento de água; rede de esgoto; distribuição de energia elétrica e iluminação pública; recolhimento de resíduos sólidos urbanos; e tratamento de resíduos sólidos urbanos (CONAMA, 2002).

Esses cenários futuros de ocupação urbana poderão, ser elaborados com base no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano ou Lei de Zoneamento, além de estimativas de instituições de pesquisa em estatística, com o intuito de subsidiar a gestão da drenagem urbana no horizonte temporal pré-determinado, como:

- ✓ **Cenário atual + PDDU:** Este cenário considera o grau de ocupação atual (densidade populacional por tipo de zona urbana) para as partes da bacia hidrográfica onde o plano de desenvolvimento urbano foi superado em sua previsão. As demais áreas em que o plano não foi superado considera-se o valor de densificação previsto no PDDU.
- ✓ **Cenário estimado pelo IBGE:** Cenário de ocupação urbana elaborado a partir da previsão da taxa de crescimento populacional em um horizonte temporal igual ao escolhido pelos atores do processo para a elaboração do PDDrU.
- ✓ **Cenário de ocupação máxima atual:** Este cenário considera a densidade populacional da parcela do município mais povoada, extrapolando-se para as demais parcelas, ou sub-bacias hidrográficas.

O primeiro cenário tende a representar a situação mais realista, pois aceita os desenvolvimentos já existentes que superam o PDDU e considera os previstos no mesmo, para o restante das áreas ainda em desenvolvimento. O último cenário tende a ser mais pessimista, por adotar uma densidade populacional crítica para o município.

6.5.5 – Medidas para gestão e controle da drenagem urbana

Após a determinação do cenário de referência e dos cenários futuros de ocupação, medidas para a gestão e controle da drenagem urbana deverão ser escolhidas para que esses últimos cenários convirjam para o primeiro. Essas medidas propostas dependem basicamente de

dois fatores, a existência de problema no sistema de drenagem e o grau de ocupação do solo, apresentados na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Classificação dos tipos de medidas propostas, segundo o grau de ocupação da área e a identificação de problemas de drenagem.

Problemas de drenagem	Área de ocupação	
	Consolidada	Não-consolidada
Identificados	Medidas de mitigação e convivência	Medidas de correção e prevenção
Não identificados	Medidas de prevenção	Medidas de planejamento e regulação

É relevante ressaltar a importância de uma análise integrada da bacia hidrográfica. Isso permitirá considerar as interações entre os componentes da rede de microdrenagem e macrodrenagem, facilitando a escolha das alternativas adequadas para gestão e controle da drenagem urbana.

6.5.5.1 – Medidas de mitigação e convivência

As medidas de mitigação são, basicamente, medidas estruturais extensivas e intensivas propostas no intuito de mitigar os danos provenientes da impermeabilização do solo e da geração de cargas difusas de poluição. Além de medidas não estruturais propostas a fim de permitir que a população aprenda a conviver e a se proteger das enchentes.

As medidas de convivência são do tipo não estrutural recomendadas para os locais de ocupação consolidada, por exemplo: sistema de alerta de inundações; reassentamento da população ribeirinha; seguro contra enchentes; zoneamento de áreas de risco de movimentos de massa e cheias; incentivos à redução da impermeabilidade do solo e às desconexões da drenagem natural dos lotes e dos telhados para a rede pluvial.

As medidas de mitigação dos danos causados pelas inundações são do tipo estrutural. Essas medidas são recomendadas para os locais de ocupação consolidada, por exemplo: sistemas de detenção, reservação e infiltração das águas pluviais.

As medidas estruturais para o controle de inundações devem ser selecionadas segundo alguns critérios. A título de ilustração, os manuais de projeto para o gerenciamento da

drenagem pluvial dos estados de Maryland, Nova Iorque e Texas, Estados Unidos, recomendam como critérios para a escolha das medidas de controle: tipo de uso do solo, envolvimento do público, fatores restritivos regionais ou da bacia hidrográfica; características físicas e a capacidade de gerenciamento da bacia.

Dessa forma, a Tabela 6.4 apresenta algumas estruturas de controle para a mitigação dos impactos causados pelas inundações, para áreas de ocupação consolidada e suas respectivas classificações de acordo com os graus de: proteção da qualidade da água; prevenção contra erosão; capacidade de amortecimento da cheia; custo de implantação relativo à área de drenagem, e de acordo com os graus de dificuldade de manutenção.

Tabela 6.4 – Classificação segundo critérios de seleção de estruturas de controle para áreas de ocupação consolidada (traduzido – MDE, 2000a; DEC, 2003 e NCTCG, 2004a).

Dispositivo de controle	Proteção da qualidade da água	Prevenção contra erosão	Amortecimento da cheia (no local)	Custo*	Manutenção
Poço de infiltração	P	-	-	Baixo	Média
Trincheira de infiltração	P	S	-	Alto	Difícil
Microrreservatório	P	-	-	Baixo	Difícil
Bioretenção	P	S	S	Médio	Média
Bueiros	-	-	P	Baixo	Fácil
Dissipação de energia	-	P	S	Baixo	Fácil
Boca de lobo	-	-	P	Baixo	Fácil
Rede de drenagem	-	P	P	Baixo	Fácil
Valo de infiltração	P	S	S	Baixo	Fácil
Valo com percolação	P	S	S	Médio	Fácil
Telhados armazenadores	P	S	-	Alto	Difícil
Pavimento Permeável Modular	S	S	-	Médio	Difícil
Concreto poroso	S	S	-	Alto	Difícil

* Relativo à área de drenagem.

P – Controle primário: Apresentam critérios adequados para o controle primário.

S – Controle secundário: Pode ser incorporado no sistema de controle em certas situações.

Medidas estruturais de controle de erosão envolvem basicamente a implantação de drenagem e proteção superficial. Assim as medidas podem ser, por exemplo, a projeção de muros de arrimo, diques de solo-cimento ensacados, proteção superficial do solo por

revegetação, revestimento de taludes e encostas, dependendo da tipologia e o grau da erosão.

Devido à complexidade do assunto, a matéria relativa a projetos de obras de contenção de sedimentos não será abordada, profundamente, nesse roteiro. Em geral, uma estrutura de combate à erosão deve ter a capacidade suficiente para dar fluxo à vazão de projeto, além de também dissipar a energia cinética dessa descarga de sólidos. Isso dentro dos limites da estrutura, oferecendo um grau de proteção à mesma e ao canal de jusante.

Comumente, as três causas principais da destruição de uma estrutura de combate à erosão são: capacidade hidráulica insuficiente, deficiência na dissipação de energia e falta de cuidados especiais com o solo de fundação e ombreiras.

Outra prática que pode ser citada, para solucionar os problemas de sedimentação de sólidos é adotar um canal, que no início de sua operação, e portanto durante o processo de urbanização, tenha um programa intenso de manutenção e desassoreamento, de modo que após a urbanização, o transporte de sedimentos seja o mínimo possível.

6.5.5.2 – Medidas de correção e/ou prevenção

As medidas de correção e prevenção são aquelas que visam corrigir os problemas diagnosticados na drenagem urbana, levando-se em consideração os vetores de expansão do município. As medidas de prevenção são, essencialmente, medidas de controle não estrutural, podendo também ser do tipo estrutural que visam prevenir a ocorrência de danos e prejuízos advindos de inundações futuras.

Recomenda-se medidas de prevenção para os locais de ocupação consolidada que não apresentem problemas de quantidade ou qualidade da água e quantidade de sedimento, podendo ainda ser aplicadas aos locais que apresentem esses problemas, porém não possuam ocupação consolidada, com o intuito de prevenir danos de maiores proporções que na atualidade.

Na primeira situação, recomenda-se, por exemplo, a aplicação das seguintes medidas de prevenção: monitoramento e manutenção do sistema de drenagem periodicamente,

regulamentação e gestão dos resíduos sólidos e planejamento do uso e ocupação do solo. Na segunda situação, pode-se utilizar algumas medidas de convivência citadas, anteriormente, na Seção 6.5.5.1.

As medidas de correção são medidas estruturais que visam reduzir os impactos sócio-econômicos e ambientais causados pelas inundações, propostas aos locais que apresentem problemas no sistema de drenagem, embora possuam ocupação não consolidada.

Dessa forma, a Tabela 6.5 apresenta alguns exemplos de estruturas para a correção e melhoria do sistema de drenagem, com suas respectivas classificações de acordo com os graus de: proteção da qualidade da água; prevenção contra erosão; capacidade de amortecimento da cheia; custo de implantação relativo à área de drenagem, e de acordo com os graus de dificuldade de manutenção.

Tabela 6.5 – Classificação segundo critérios de seleção de estruturas de controle para áreas de ocupação não consolidada (traduzido – MDE, 2000a; DEC, 2003 e NCTCG, 2004a).

Dispositivo de controle	Proteção da qualidade da água	Prevenção contra erosão	Amortecimento da cheia (no local)	Custo*	Manutenção
Poço de infiltração	P	-	-	Baixo	Média
Trincheira de infiltração	P	S	-	Alto	Difícil
Bacia de infiltração	P	P	P	Médio	Média
Filtro de areia	P	S	-	Alto	Difícil
Bacia de retenção	P	P	P	Baixo	Fácil
Bacia de detenção	P	P	P	Baixo	Média
<i>Wetlands</i> construídos	P	P	P	Médio	Média
Microrreservatório	P	-	-	Baixo	Difícil
Bioretenção	P	S	S	Médio	Média
Bueiros	-	-	P	Baixo	Fácil
Dissipação de energia	-	P	S	Baixo	Fácil
Boca de lobo	-	-	P	Baixo	Fácil
Rede de drenagem	-	P	P	Baixo	Fácil
Canal aberto	-	-	P	Baixo	Fácil
Valo de infiltração	P	S	S	Baixo	Fácil
Valo com percolação	P	S	S	Médio	Fácil
Concreto poroso	S	S	-	Alto	Difícil

* Relativo à área de drenagem.

P – Controle primário: Apresentam critérios adequados para o controle primário.

S – Controle secundário: Pode ser incorporado no sistema de controle em certas situações.

No caso da identificação de problemas relacionados à erosão urbana pode-se, por exemplo, de acordo com as necessidades realizar: retaludamento, revegetação e pequenas obras de drenagem, tal como citado nas medidas de mitigação e convivência.

6.5.5.3 – Medidas de planejamento e regulação

As medidas de planejamento e regulação são, essencialmente, medidas não estruturais que visam a compatibilização do desenvolvimento urbano com a drenagem, integrando a infraestrutura da cidade de forma mais eficiente.

A partir das previsões da expansão e densificação da cidade, essas medidas, buscam dispor ações na gestão da drenagem urbana que evitem transtornos futuros, sendo recomendadas para os locais de ocupação não consolidada que não apresentem problemas de drenagem.

As medidas de regulação podem ser, por exemplo, a proposição de normas e regulamentos peculiares à localidade e suas respectivas características política e socioeconômica pelos atores decisórios do PDDrU. Essa proposição visa subsidiar os demais segmentos do planejamento municipal com os preceitos da drenagem urbana, constantes do plano diretor de desenvolvimento urbano.

As medidas de planejamento visam alcançar os objetivos do PDDrU baseando-se no princípio da precaução. Essas medidas são voltadas para o momento anterior à consolidação da urbanização ou para áreas com o predomínio da proteção à fauna, flora, uso para fins científicos, lazer ou turismo. Ou seja, áreas com menor desequilíbrio do ciclo hidrológico natural proporcionado, basicamente, pela impermeabilização do solo.

Algumas medidas de planejamento recomendadas são: conservação das áreas de preservação permanente, previsão de áreas *non aedificandi* permeáveis para os novos parcelamentos urbanos, identificação de áreas potenciais para a instalação de dispositivos de controle para o retardamento do escoamento de vazões no futuro.

A urbanização de áreas localizadas em terrenos suscetíveis aos processos erosivos, a rigor, deve ser evitada. Entretanto, caso seja previsto o loteamento dessas áreas, recomenda-se realizá-lo seguindo as diretrizes de projetos estabelecidos pela prefeitura, que contenham

orientações de controle da erosão urbana, principalmente no tocante às obras de drenagem e proteção superficial.

Exemplos dessas orientações relacionadas aos processos erosivos e à drenagem urbana são recomendadas por Iwasa e Fendrich (2001) e DEP/PMPA (2005) para futuros loteamentos:

- ✓ Manter desocupadas as cabeceiras e linhas de drenagem natural, utilizando-as como áreas verdes;
- ✓ Traçado viário deve evitar ruas longas situadas perpendicularmente às curvas de nível;
- ✓ Procurar situar as vias principais paralelamente às curvas de nível;
- ✓ A implantação de loteamentos deve ser realizada de jusante para montante;
- ✓ As obras de terraplenagem devem ser realizadas simultaneamente com as obras de proteção superficial;
- ✓ Durante a execução das obras, as redes de drenagem devem estar devidamente protegidas contra o assoreamento e a obstrução;
- ✓ Nos movimentos de terra de grande porte, devem-se prever sistemas provisórios de drenagem;
- ✓ Evitar a execução das obras de terra e implantação do sistema de drenagem nos períodos chuvosos.
- ✓ Os sistemas de drenagem devem ser periodicamente inspecionados, realizando-se os reparos das partes destruídas, a desobstrução e o desassoreamento dos coletores;
- ✓ As vias de circulação e os demais espaços públicos devem ser mantidos limpos;
- ✓ Efluentes sanitários e/ou industriais só podem ser encaminhados à rede pluvial pública após tratamento adequado, em se tratando de sistemas unitários;
- ✓ Proibição da construção sobre galerias pluviais públicas, talvegues e cursos d'água, devendo também ser respeitadas as faixas de preservação e faixas não edificáveis;
- ✓ Imposição da implantação de sistema de drenagem, em novos loteamentos, conjuntos residenciais e condomínios, sendo os custos de projeto e das obras necessárias de inteira responsabilidade do empreendedor,
- ✓ Imposição aos empreendedores de loteamentos, conjuntos residenciais e condomínios que não se encontram próximos à rede pública pluvial de promover a urbanização e execução da rede à jusante, até um ponto de lançamento autorizado pelo órgão ambiental competente.

6.5.6 – Avaliação de medidas

Após a determinação das medidas para a gestão e controle da drenagem urbana, deve-se proceder a escolha das mesmas por meio de critérios definidos previamente. Esses critérios podem ser, por exemplo: atendimento ao objetivo principal; custos de implantação; impacto da medida quanto aos aspectos hidráulico-hidrológicos e sanitários, além do grau de aceitação pela população (Moura, 2004).

As conclusões obtidas permitirão hierarquizar as medidas de controle de acordo com os anseios da população e análise custo-efetividade ou custo-benefício.

A análise custo-efetividade é utilizada quando não é possível ou desejável considerar o valor monetário dos benefícios provenientes das alternativas em análise, comparando os custos de alternativas capazes de alcançar os mesmos benefícios ou um dado objetivo. A análise custo-benefício fornece uma orientação à tomada de decisão quando se dispõe de várias alternativas diferentes, sob o critério de maior eficiência econômica entre os custos e benefícios estimados.

6.6 – PRODUTOS DO PDDrU

Esta etapa refere-se à elaboração dos produtos do plano. A proposta para a regulamentação do controle da drenagem urbana para os locais que ainda não possuem ocupação consolidada, aqueles que ainda não implementaram novos loteamentos ou já loteados. Ainda nessa etapa podem ser elaborados o plano de controle das macro-bacias urbanas, manual de drenagem, plano de revisão e plano de ação do PDDrU.

6.6.1 – Propostas de regulamentação

A proposição de regulamentações no setor da drenagem urbana, sugeridas no PDDrU tem como objetivo ordenar as ações futuras da cidade, visando controlar, preferencialmente, na fonte os potenciais impactos da urbanização.

As propostas de regulamentação do controle da drenagem devem ser apresentadas a fim de impedir o surgimento ou a ampliação das cheias devido à urbanização. Essas propostas

devem estar em consonância com o plano diretor de desenvolvimento urbano, plano de bacia hidrográfica, plano de saneamento ambiental e demais disciplinamentos que envolvam o uso e ocupação do solo, zoneamento e recursos hídricos nos níveis federais e estaduais.

Por exemplo, em Porto Alegre uma proposta de decreto municipal foi apresentada para o Poder Executivo como sugestão para a regulamentação de alguns artigos do Plano de Desenvolvimento Urbano e Ambiental dessa capital.

Essa proposta buscou a padronização de elementos básicos, tais como: a vazão máxima de saída a ser mantida em todos os novos parcelamentos e loteamentos; o volume de retenção necessário à manutenção da vazão máxima de saída; o uso de pavimentos permeáveis e outras medidas de controle na fonte da drenagem urbana pelos empreendedores, além da faixa de domínio e outros condicionantes para novos parcelamentos.

6.6.2 – Plano de controle

O plano de controle de macro-bacias urbanas deve ser desenvolvido para as áreas que estão consolidadamente ocupadas, visando planejar as medidas necessárias para o controle dos impactos das inundações dentro da bacia hidrográfica, sem transferi-los para jusante.

Uma justificativa para a realização do plano de controle são as ocupações presentes nas calhas secundárias dos rios que contribuem com o agravamento dos processos de enchente natural. A reversão desse quadro, só poderá ocorrer de forma gradual e lenta, devido a grande soma de recursos envolvida para a desocupação das áreas de preservação permanente (APP) invadidas. Entretanto, outras medidas de curto prazo podem ser implementadas por meio do plano de controle.

Os planos de controle de macro-bacias urbanas podem, por exemplo, contemplar: a avaliação da capacidade de drenagem existente, a identificação dos locais críticos, onde ocorrem inundações para o cenário atual e para eventos com tempos de retorno escolhidos, além de estudo de alternativas para o controle de inundações e avaliação sócio-econômica.

6.6.3 – Manual de drenagem

O manual de drenagem tem como objetivo estabelecer critérios e padrões mínimos recomendados para orientar os projetistas no dimensionamento do sistema de drenagem do município (UDFCD, 2001). Os elementos constituintes do manual de drenagem urbana podem ser:

- ✓ **Concepção e princípios do plano diretor de drenagem urbana:** O manual deve ser desenvolvido em harmonia com os princípios do PDDrU, por exemplo: o controle de cheias deve ser realizado considerando a bacia como um todo.
- ✓ **Regulamentação por bacia de drenagem:** Identificação das regulamentações exigidas em cada bacia de drenagem, por exemplo: densificação prevista para o local, critérios quanto à vazão de saída das sub-bacias, incentivos existentes para controle de enchentes e condições de manutenção do sistema de drenagem.
- ✓ **Projetos e critérios:** O manual deve especificar os critérios e os métodos básicos aceitos para a elaboração de projetos de drenagem, por exemplo: o tempo de retorno de segurança das obras e critérios para a manutenção.

6.6.4 – Plano de revisão do PDDrU

O PDDrU deve ser encarado como um processo dinâmico e disciplinado. Como tal, deve-se realizar uma avaliação de sua capacidade em gerenciar a drenagem urbana com o auxílio, por exemplo, de dados obtidos de uma bacia piloto (Figura 6.5).

O Plano Diretor de Drenagem Urbana poderá ser aplicado em uma bacia piloto do município, visando avaliar o desempenho do mesmo. A escolha da bacia piloto deverá ser realizada pelos atores envolvidos no processo de elaboração do PDDrU. No entanto, recomenda-se selecionar a bacia hidrográfica, que conhecidamente apresente maiores problemas de drenagem urbana.

Isso se justifica pela priorização da bacia que gera maior ônus à sociedade devido às inundações. Assim como representa uma estratégia para o aprimoramento do plano, visto

que ao ser aplicado com êxito na sub-bacia de drenagem mais precária, as demais sub-bacias também tenderão ao êxito.

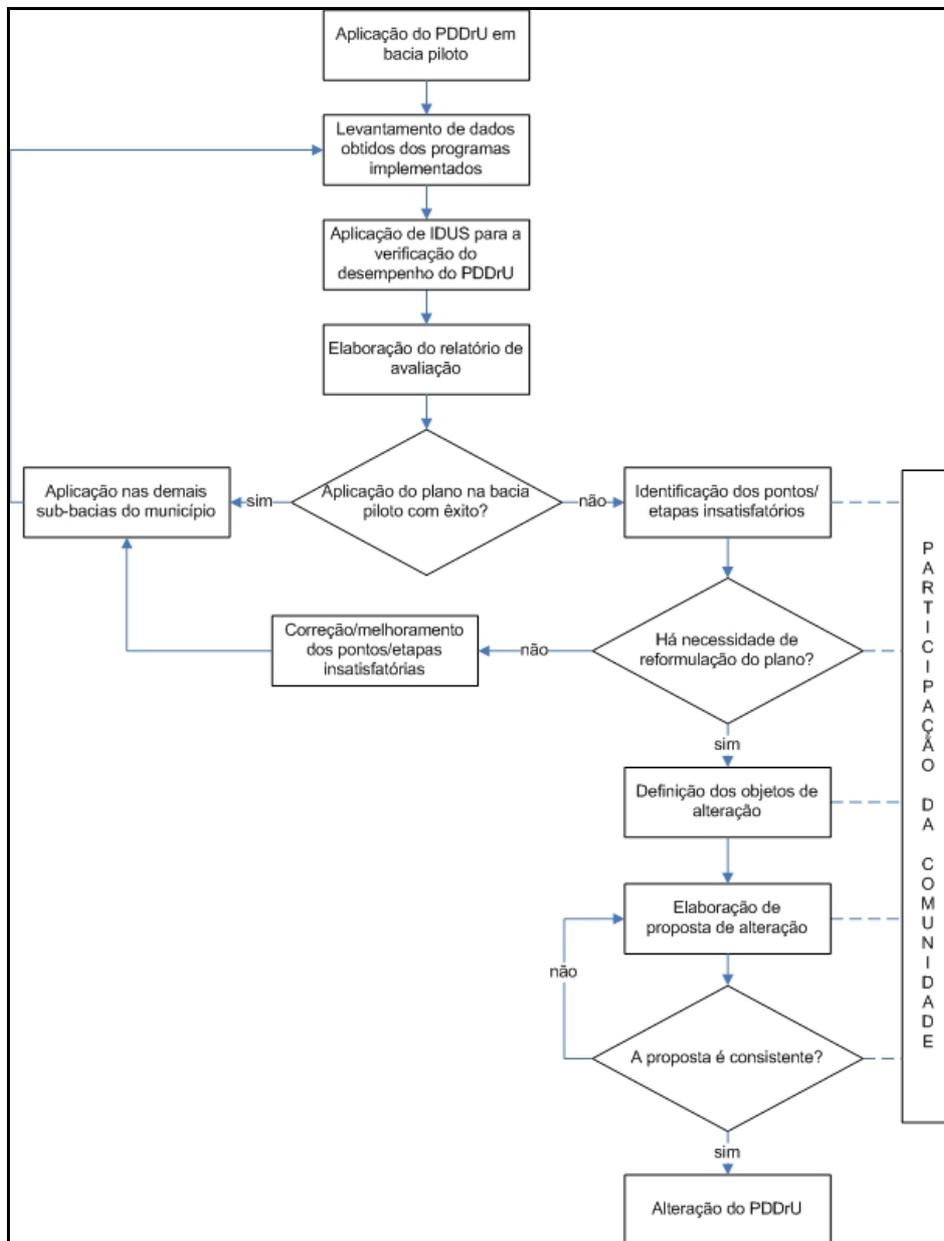


Figura 6.5 – Representação esquemática do processo de avaliação e decisão da reformulação do plano diretor de drenagem urbana.

A aplicação do PDDrU na bacia piloto, permite ainda a realização de correções e adaptações às peculiaridades da localidade, não previstas nesse Fluxograma Geral de Elaboração e Implementação, ou não observadas pelo grupo de trabalho.

Nesse sentido, após a avaliação do desempenho do PDDrU da bacia piloto, verificando-se seu sucesso, procede-se a aplicação às demais sub-bacias urbanas. Caso contrário retorna-

se a etapa que se considera insatisfatória e continua-se o processo de planejamento e aprimoramento do plano.

Essa avaliação poderá ser desenvolvida por meio da utilização de Indicadores da Drenagem Urbana Sustentável propostos, posteriormente, na Seção 6.8.1 a fim de verificar o desempenho do PDDrU. A realização de um relatório de avaliação a cada dois anos após o início do plano diretor é recomendada, visando disponibilizar informações à população, além de subsidiar o processo decisório.

Caso não seja confirmado o êxito da aplicação na bacia piloto, os pontos e/ou etapas do plano consideradas insatisfatórias deverão ser identificadas. Os atores decisórios do processo determinarão a necessidade, ou não, da reformulação do plano.

Decidindo-se pela realização de uma reformulação do PDDrU, deve-se proceder a definição dos objetos de alteração do plano e, posteriormente, a elaboração de uma proposta com a participação da comunidade local. Essa proposta apresentada, então deverá ser discutida entre as autoridades locais e as equipes colaboradoras, até se tornar consistente, ou seja, exequível, viável técnica e financeiramente e de boa aceitação da população.

6.6.5 – Plano de ação

O plano de ação é a descrição do caminho que deve se escolher para se atingir os objetivos traçados nas etapas iniciais da elaboração do PDDrU. O estabelecimento de estratégias de atuação é o ponto de partida para a elaboração desse plano. Os demais elementos que o compõe são, por exemplo: as ações operacionais necessárias para implementação das estratégias; principais recursos (financeiros ou não); prazo para implantação; e os responsáveis ou gerentes da ação. Então o plano de ação deve responder a quatro questões fundamentais:

- ✓ O que é preciso para implantação com êxito do PDDrU?
 - Atividades fundamentais.
- ✓ Quando será feita cada uma dessas atividades?
 - Cronograma.
- ✓ Quem realizará essas atividades?

- Responsabilidades.
- ✓ Quais recursos serão necessários para a realização dessas atividades?
 - Alocação de recursos.

A execução das ações estabelecidas deve ser analisada constantemente visando mensurar o desempenho em relação ao investimento e verificar se o cronograma está sendo cumprido. Dessa forma, é possível identificar as dificuldades e prováveis falhas, possibilitando mudanças de estratégia caso se faça necessário.

6.7 – PROGRAMAS

Nesta etapa são desenvolvidos programas com o intuito de eliminar as deficiências e falhas encontradas na elaboração do PDDrU desenvolvido. Os programas, em linhas gerais, referem-se à elaboração de: estudos complementares necessários ao aprimoramento do plano; monitoramento, manutenção; fiscalização e educação. Esses programas podem ser, por exemplo:

- ✓ Monitoramento de bacias hidrográficas representativas;
- ✓ Monitoramento de áreas impermeáveis;
- ✓ Monitoramento de resíduos sólidos na drenagem urbana;
- ✓ Revisão e/ou atualização do cadastro do sistema de drenagem;
- ✓ Revisão dos parâmetros hidrológicos de projetos;
- ✓ Avaliação econômica do risco;
- ✓ Estimativa da qualidade da água pluvial;
- ✓ Manutenção de dispositivos de controle;
- ✓ Manutenção do sistema de drenagem;
- ✓ Eliminação de descargas ilícitas de efluentes;
- ✓ Educação ambiental.

6.8 – AVALIAÇÃO DA AÇÃO

A gestão da drenagem das águas pluviais no contexto do desenvolvimento urbano envolve questões inter-setoriais, políticas públicas, participação da sociedade, entre outros fatores. Logo, a avaliação do desempenho do Plano Diretor de Drenagem Urbana, também, está relacionada às ações governamentais, compreendendo a implementação de programas, a

execução de projetos e atividades, a administração de órgãos e entidades, tendo em foco alguns aspectos, como:

- ✓ O cumprimento dos objetivos definidos no PDDrU;
- ✓ A obediência dos dispositivos legais aplicáveis à gestão da drenagem urbana;
- ✓ A identificação dos pontos fortes e fracos do plano elaborado e das oportunidades e ameaças ao desenvolvimento do mesmo;
- ✓ O uso adequado de recursos humanos, instalações e equipamentos voltados para a produção e prestação de bens e serviços na qualidade e prazos requeridos;
- ✓ A adequação e a relevância dos objetivos do plano e a consistência entre esses e as necessidades previamente identificadas;
- ✓ A consistência entre as ações desenvolvidas e os objetivos estabelecidos;
- ✓ As causas de práticas anti-econômicas e ineficientes;
- ✓ Os fatores inibidores do desempenho do PDDrU;
- ✓ A relação de causalidade entre efeitos observados e as diretrizes propostas;
- ✓ A qualidade dos efeitos alcançados a partir da implementação do plano.

Contudo, entre o desempenho real e o desempenho esperado pode ocorrer uma ruptura, designada como discrepância de desempenho. Nesse contexto, recomenda-se a utilização de indicadores para a mensuração do desempenho real do PDDrU, denominados aqui de indicadores da drenagem urbana sustentável, do tipo Pressão–Situação–Resposta.

6.8.1 – Indicadores da drenagem urbana sustentável – IDUS

A concepção que orientou a construção dos Indicadores da Drenagem Urbana Sustentável – IDUS foi a de que esses devem ser vistos como um exercício permanente e contínuo, o que significa que o processo é marcado por revisões e ajustes contextualizados e permanentes, sobre a real capacidade dos mesmos em aferir aquilo a que se propõem.

Assim, os IDUS não são produtos universais e acabados, ao contrário, devem estar sempre submetidos às críticas que conduzam ajustes e adaptações ao contexto em que serão utilizados, principalmente no que diz respeito à parametrização dos mesmos.

É importante ressaltar que os indicadores aqui apresentados, se configuram em uma exemplificação. Dessa forma, as Administrações Públicas poderão escolher alguns

indicadores dentre os propostos, ou até mesmo elaborar ou adotar outros, de acordo com as características da localidade e os recursos (financeiros ou não) disponíveis.

A Figura 6.6 reproduz um exemplo de cadeia da gestão da drenagem urbana para proporcionar o melhor entendimento da mesma, além de subsidiar a proposição dos indicadores, sendo identificados pelos blocos: infra-estrutura, processos, produtos e impactos decorrentes da implementação do plano diretor de drenagem urbana.

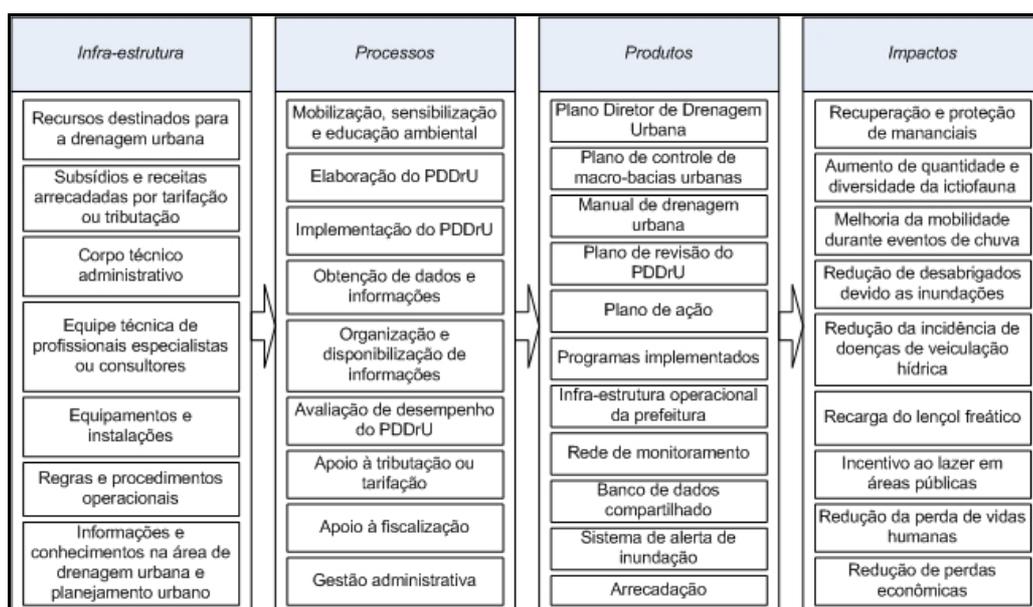


Figura 6.6 – Exemplo de cadeia da gestão da drenagem urbana para avaliação de desempenho de PDDrU (modificado – ANA, 2003).

É fundamental que na concepção do sistema de indicadores da drenagem urbana sustentável, alguns critérios básicos de seleção e identificação de indicadores sejam considerados, tal como exposto, anteriormente, na Seção 3.5.2.

Esse procedimento é essencial para que se possa avaliar o desempenho do plano ao longo do tempo, sendo utilizado para a promoção de políticas específicas e monitoramento das ações públicas realizadas no setor da drenagem urbana.

Os indicadores aqui selecionados para a avaliação do desempenho do PDDrU foram definidos a partir do modelo pressão (P), situação (S) e resposta (R). Esses buscam revelar aspectos qualitativos e quantitativos em sete campos de análise e duas dimensões

selecionadas como componentes da gestão: condições sanitárias (S), aspectos administrativos e institucionais (A).

Para cada campo de análise foi proposto um conjunto de indicadores que visam retratar as suas características relacionadas à gestão da drenagem urbana. Os indicadores propostos de uso consolidado na literatura, referente ao saneamento ambiental, e os complementares, ou seja, os aqui recomendados, são apresentados na Tabela 6.6.

Nessa tabela, as linhas representam os campos de análise e os respectivos indicadores e as colunas contêm os seguintes aspectos: campo de análise (denominação), indicador (código e denominação), dimensão, tipo de indicador e unidade de medida ou categoria de resposta.

A tabela dos indicadores da drenagem urbana sustentável será melhor compreendida por meio do instrumento de orientação técnica, que define os conceitos e os critérios adotados, de forma a permitir aos usuários fácil entendimento da informação obtida.

Esse instrumento, denominado de ficha de qualificação do indicador (Apêndice A), foi baseado no roteiro elaborado pela Secretaria Técnica da Ripsa, contendo seis tópicos (RIPSA, 2002):

- ✓ **Conceituação:** Características que definem os indicadores e as formas como se expressam se necessário agregando informações para a compreensão de seu conteúdo.
- ✓ **Interpretação:** Explicação sucinta do tipo de informação obtida e seu significado.
- ✓ **Usos:** Principais formas de utilização dos dados, as quais devem ser consideradas para fins de análise.
- ✓ **Limitações:** Fatores que restringem a interpretação do indicador, referentes tanto ao próprio conceito quanto às fontes utilizadas.
- ✓ **Fontes:** Instituições responsáveis pela produção dos dados que são adotados para o cálculo do indicador, quando for o caso.
- ✓ **Método de cálculo:** Fórmula utilizada para calcular o indicador, definindo precisamente os elementos que o compõem.

Tabela 6.6 – Indicadores da drenagem urbana sustentável apresentados por campo de análise, dimensão-componente da gestão da drenagem urbana, tipo segundo o modelo Pressão-Situação-Resposta e unidade de medida ou categoria de resposta.

Campo de análise		Indicador	Dimensão	Tipo	Unid. de medida/categoria
Denominação	Cód.	Denominação			
Inadequação do grau de permeabilidade do solo	I-1	Taxa de crescimento da população	A	P	%
	I-2	Nível de urbanização	A	P	%
	I-3*	Nível de áreas verdes urbanas	A	S	m ² /hab
	I-4	Proporção de área construída ou impermeabilizada	A	S	%
	I-5*	Taxa de incremento de vazões máximas	A	P	%
Inexistência ou inadequação do serviço de drenagem pluvial	I-6*	Proporção de profissionais de nível superior	A	R	%
	I-7*	Proporção de profissionais de nível técnico profissionalizante	A	R	%
	I-8*	Carga horária de capacitação de recursos humanos	A	R	h/servidor
	I-9*	Indicador de desempenho financeiro	A	R	%
	I-10*	Investimento <i>per capita</i> em drenagem urbana	A	R	R\$/hab
Inexistência ou inadequação do sistema de drenagem pluvial	I-11	Cobertura domiciliar de microdrenagem	S	S	%
	I-12	Cobertura do sistema de drenagem superficial	S	R	%
	I-13	Cobertura do sistema de drenagem subterrâneo	S	R	%
	I-14	Limpeza e desobstrução de galerias	S	R	m ³ /ano
	I-15	Limpeza e desobstrução de canais	S	R	m ³ /ano
	I-16*	Incidência de alagamentos no município	S	S	eventos/ ano
	I-17*	Incidência de escorregamentos de massa no município	S	R	eventos/ ano
Inexistência ou inadequação da gestão da drenagem urbana	I-18	Percepção do usuário sobre a qualidade dos serviços de drenagem	A	R	ocorrências/ ano
	I-19*	Existência de instrumentos para o planejamento governamental	A	R	S/N
	I-20*	Participação da população em consultas e audiências públicas, encontros técnicos e oficinas de trabalho sobre PDDrU	A	R	participantes / segmento
	I-21	Despesa dos serviços de drenagem por empregado	A	R	R\$/ servidor
	I-22	Incidência das despesas de pessoal e serviços de terceiros no total	A	R	R\$/ano

* Indicadores complementares propostos.

Dimensão: (A) Aspectos administrativos institucionais; (S) Condições sanitárias.

Tipo: (P) Pressão; (S) Situação; (R) Resposta.

Tabela 5.3 (*Continuação*) – Indicadores da drenagem urbana sustentável apresentados por campo de análise, dimensão componente da gestão da drenagem urbana, tipo segundo o modelo Pressão-Situação-Resposta e unidade de medida ou categoria de resposta.

Campo de análise		Indicador	Dimensão	Tipo	Unid. de medida/categoria
Denominação	Cód.	Denominação			
Existência de interferências à eficácia do sistema de drenagem	I-23	Cobertura de serviço de coleta de resíduos sólidos	S	P	%
	I-24*	Proporção de vias atendidas por varrição ao menos 2 vezes por semana	S	S	%
	I-25*	Existência de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infra-estrutura urbana	S	S	Obstruções /Km
Inexistência ou inadequação de salubridade ambiental	I-32*	Proporção da população exposta a roedores e animais nocivos	S	S	%
	I-33*	Proporção de ruas sujeitas a inundações provocadas por drenagem inadequada	S	S	%
	I-34	Incidência de pessoas em contato com esgoto e resíduos sólidos	S	S	%
	I-35*	Incidência de leptospirose	S	S	%

* Indicadores complementares propostos.

Dimensão: (A) Aspectos administrativos institucionais; (S) Condições sanitárias.

Tipo: (P) Pressão; (S) Situação; (R) Resposta.

Para reconhecer os pontos positivos e negativos da gestão da drenagem urbana deve-se fazer uma leitura crítica dos resultados obtidos a partir dos Indicadores da Drenagem Urbana Sustentável, propostos.

Partindo da premissa central de que avaliar é atribuir valor, impondo-se a necessidade de emitir um julgamento dos dados em função de uma escala ou critérios, pode-se entre outros aspectos:

- ✓ Identificar os indicadores que obtiveram piores e melhores resultados;
- ✓ Promover discussões entre atores envolvidos na gestão da drenagem sobre os determinantes e os condicionantes do comportamento de determinadas variáveis;
- ✓ Definir e articular estratégias para superação dos pontos fracos em curto, médio e longo prazo.

Dessa forma pressupõe-se que a avaliação proposta não se encerra em si mesma, ao contrário, subsidia o planejamento do PDDrU na direção da conquista de um desenvolvimento pleno da capacidade de gestão da drenagem como elemento integrante do planejamento urbano.

7 – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O PDDrU ainda é uma prática pouco utilizada no Brasil, apesar da grande demanda por soluções em drenagem urbana e da concepção ultrapassada de projetos à luz do conceito higienista na maioria das cidades brasileiras. A substituição dessa concepção de projeto e gerenciamento depende do aumento da difusão de procedimentos viáveis à realidade dos países em desenvolvimento.

O aprimoramento e a transferência desses procedimentos aos atores envolvidos na gestão da drenagem urbana são essenciais para que práticas sustentáveis sejam implementadas nas cidades brasileiras.

O presente trabalho visou realizar revisão bibliográfica, caracterizar elementos da drenagem urbana, fazer diagnóstico de alguns PDDrUs no Brasil e proposição de método para a elaboração e implementação dos mesmos. Tendo em vista a escassez de referência especializada na literatura nacional sobre o tema, buscou-se aqui reunir algumas informações importantes a serem consideradas para o planejamento da drenagem urbana sustentável na forma de um roteiro explicativo.

Esse método não deve ser lido como verdade absoluta para elaborar PDDrUs padronizados, sem qualquer relação com a realidade social, política e territorial local de cada município. No entanto, seguidas as orientações propostas, haverá ao final do processo um bom PDDrU, que considere a participação popular e o desenvolvimento sustentável.

O público alvo desse roteiro é toda a Administração Pública que deseje elaborar o PDDrU de seu município, considerando as suas peculiaridades sócio-políticas e ambientais, além da integração aos demais segmentos do planejamento urbano, visando a melhoria de vida das presentes e futuras gerações.

A elaboração e implantação de PDDrUs em suas diferentes etapas requer uma visão holística da cidade e não somente de engenharia hidráulica. Infelizmente, a visão limitada do planejamento municipal tem sido a grande causa da ineficiência da drenagem urbana existente na maioria das cidades brasileiras.

Os atores envolvidos no processo de planejamento da drenagem urbana devem ter em mente que é possível conservar e preservar as áreas verdes remanescentes das cidades, sendo a canalização e retificação dos corpos d'água práticas condenáveis, quando podem ser substituídas por soluções sustentáveis.

O plano diretor de drenagem urbana constitui-se em uma ferramenta de gestão participativa que implementa o estudo integral da bacia hidrográfica, considerando as condições de contorno para a resolução dos problemas em escalas menores, evitando-se dessa forma que soluções para áreas específicas transfiram os problemas para regiões vizinhas.

A interface entre a gestão dos serviços urbanos que abrangem os recursos hídricos, ou seja, abastecimento de água, coleta e tratamento de efluentes domésticos, drenagem urbana e resíduos sólidos, idealmente, deveria ser implementada pelo mesmo nível hierárquico da Administração Pública em função da sinergia e economia de escala desses serviços.

Outro desafio é a compatibilização da gestão dos recursos hídricos no ambiente urbano, tendo em vista a tendência da gestão desses recursos ser realizada por meio de comitês de bacias, geralmente para grandes bacias hidrográficas, ou seja, superiores a 3.000km² e os PDDrUs terem a tendência de ser desenvolvidos para pequenas bacias, ou seja, inferiores a 2,5km².

O plano de bacia dificilmente poderá abordar a problemática de cada cidade, mas deve estabelecer os condicionantes externos às mesmas, como a qualidade de seus mananciais, visando evitar a transferência de impactos negativos. O PDDrU deverá atender aos condicionantes determinados pelos planos de bacia, buscando melhorias na drenagem urbana e evitando os impactos à população.

Nesse contexto, o plano de bacia e o PDDrU, enfrentam algumas dificuldades para a gestão dos recursos hídricos no ambiente urbano, como: a limitação da capacidade da maioria dos municípios em desenvolver planejamento e gestão; a implementação não-consolidada dos comitês de bacia e a reduzida capacidade de financiamento das ações pelos municípios, além do alto endividamento dos mesmos.

Essa proposta de método deve ser futuramente aperfeiçoada e aplicada em estudo de caso. No entanto, esse trabalho configura-se em uma base inicial para o auxílio na elaboração e implementação de PDDrUs sustentáveis, subsidiando o planejamento da drenagem urbana, que acarreta custos significativos à sociedade, quando executada sem maiores reflexões prévias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos (1995). “Controle de enchentes urbanas – carta de Recife”. *Anais do XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Recife.
- Ackoff, R. L. (1976). *Planejamento Empresarial*. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 109p.
- Allasia, D. G., Tassi, R, Neves, M. G. F. P., Villanueva, A. O. N., Tucci, C. E. M. e Cruz, M. A. S. (2003). “Estudo de caso: Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre/RS”. *Anais do XV Congresso Brasileiro de Recursos Hídricos*, Curitiba.
- ANA – Agência Nacional de Águas (2003). *Elaboração de Proposta de Modelagem Institucional, Administrativa e Organizacional para Implantação da Agência de Bacia do Paraíba do Sul*. Sub-produto 1.1, Versão final, Brasília, 61p.
- Andoh, R. Y. G. e Iwugo, K. O. (2002). “Sustainable urban drainage systems: a UK perspective”. *Anais do IX International Conference on Urban Drainage*, ASCE – American Society of Civil Engineers, Portland, E.U.A.
- ARC – Atlanta Regional Commission (2001a). *Georgia Stormwater Management Manual*. 1, Georgia, E.U.A., 158p. Disponível em <<http://www.georgiastormwater.com/vol1/gsmmvol1.pdf>> Acesso em: 19/03/2005, 21h20min.
- ARC – Atlanta Regional Commission (2001b). *Georgia Stormwater Management Manual*. 2. Georgia, E.U.A. Disponível em <<http://www.georgiastormwater.com/vol1/gsmmvol1.pdf>> Acesso em: 19/03/2005, 21h35min.
- Argue, J. R. (2002). “A new stormwater ‘source control’ handbook for australian practice: an outline. *Anais do IX International Conference on Urban Drainage*, Portland, Oregon, E.U.A.
- ASCE/WEF – American Society of Civil Engineers/Water Environment Federation (1992). *Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems*. ASCE Manuals and Report on Engineering Practice, n. 77, WEF Manual of Practice FD-20, E.U.A., 724p.
- ASSEMAE – Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (2004). *Diretrizes para os Serviços Públicos de Saneamento Básico e a Política Nacional de Saneamento Ambiental*. Anteprojeto de Lei. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, Brasília, 64p.

- Barth, R. T. (1997). *Planos Diretores de Drenagem Urbana: Proposição de Medidas para a sua Implementação*. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Programa de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 267p.
- Barth, R. T. (2000). “Gestão da drenagem urbana”. In: Muñoz, H. R. (Org.) *Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: Desafios da Lei de Águas de 1997*, MMA/SRH, 2ed. Brasília, 294-316.
- Beck, M. B., Chen J., Saul, A. J. e Butler, D. (1994). “Urban drainage in 21st. century: assessment of new technology on the basis of global material flows”. *Water Science and Technology*, **30**(2), 1-12.
- Bernardes, R. S. e Soares, S. R. A. (2004). *Esgotos Combinados e Controle da Poluição: Estratégia para Planejamento do Tratamento da Mistura de Esgotos Sanitário e Águas Pluviais*. Caixa Econômica Federal, Brasília, 160p.
- Bordas, M. P. e Semmelmann, F. R. (2001). "Elementos de engenharia de sedimento". In: Tucci, C. E. M. (Org.) *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 2 ed., EDUSP, Editora da UFRG, ABRH, Porto Alegre, 915-943.
- Bossel, H. (1999). *Indicators for Sustainable Development – Theory, Method, Applications*. A Report to the Balaton Group, International Institute for Sustainable Development, Winnipeg, Canada, 138p.
- Braga, R. (2001). “Política Urbana e Gestão Ambiental: considerações sobre o Plano Diretor e o Zoneamento Urbano”. In: Carvalho, P. F. e Braga, R. (Org.) *Perspectiva de Gestão Ambiental em Cidades Médias*. LPM – Laboratório de Planejamento Municipal, Deplan, IGCE, Unesp, Rio Claro, 95-109.
- Brasil. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Centro Gráfico do Senado Federal, Brasília, 05/10/1988.
- Brasil. Lei 6938, de 31/08/1981. “Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação”. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 02/09/1981.
- Brasil. Lei 9.433, de 09/01/1997. “Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da CF, e altera o artigo 1º da Lei 8.001 de 13.03.1990 que modificou a Lei 7.990, de 28/12/1989”. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 09/01/1997.
- Bresli, W. R. (1980). *Small Michell (Banki) Turbines: A Construction Manual*. Vita Publication, Virginia, E.U.A., 56p.

- Butler, D. e Parkinson, J. (1997). "Towards sustainable urban drainage". *Water Science and Technology*, **35**(9), 53-63.
- Campana, N. A. e Tucci, C. E. M. (1994). "Estimativa da área impermeável de macro-bacias urbanas". *RBE – Revista Brasileira de Engenharia*, **12**(2), 79-94.
- Cardoso Neto, A. (2005). *Sistemas Urbanos de Drenagem*. Disponível em: <www.labdren.ufsc.br/> Acesso em: 01/03/05, 20h10min.
- Castro, L. M. A. (2002). *Proposição de Indicadores para a Avaliação de Sistemas de Drenagem Urbana*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 118p.
- Champs, J. R. B., Perez, S. T. C. S. e Fróes, C. M. V. (2001) "O planejamento do sistema de drenagem urbana na cidade de Belo Horizonte". *Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, João Pessoa.
- Chiavenato, I. (1994). *Administração: Teoria, Processo e Prática*. 2 ed., Makron Books, São Paulo, 522p.
- Chow, V. T., Maidment, D. R. e Mays, L.W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Inc., New York, E.U.A., 572p.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 001, de 23/01/1986. "Cria a obrigatoriedade de realização de EIA/RIMA para o licenciamento de atividades poluidoras". *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 17/02/1986.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 237, de 19/12/1997. "Regulamenta o sistema nacional de licenciamento ambiental". *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 22/12/1997.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 303, de 20 de março de 2002. "Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente". *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 13/05/2002.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 357, de 17/03/2005. "Dispõe sobre a Classificação dos Corpos de Água e Diretrizes Ambientais para o seu Enquadramento, bem como Estabelece as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes". *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 18/03/2005.

- Costa, M. S., (2003). *Mobilidade Urbana Sustentável: Um Estudo Comparativo e as Bases de um Sistema de Gestão para Brasil e Portugal*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 196p.
- Cristo, C. M. P. N. (2002). “Prospectiva estratégica: instrumento para a construção do futuro e para a elaboração de políticas públicas”. *Anais do VII Congresso Internacional del Centro Latino Americano de Administración para el Desarrollo sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública*, Lisboa, Portugal.
- D'Altério, C. F. V. (2004). *Metodologia de Cenários Combinados para Controle de Cheias Urbanas com Aplicação à Bacia do Rio Joana*. Dissertação de Mestrado, COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 240p.
- DEC – Department of Environmental Conservation (2003). *New York State Stormwater Management Design Manual*. New York, E.U.A., 416p. Disponível em: < <http://www.dec.state.ny.us/website/dow/toolbox/swmanual/>> Acesso em: 21/04/2005, 18h20min.
- DEP/PMPA – Departamento de Esgotos Pluviais/Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2005). *Cadernos de Encargos*. 1, Porto Alegre, 30p.
- Direcção Geral do Ambiente (2000). *Proposta para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. Direcção de Serviços de Informação e Acreditação, Lisboa, Portugal, 228p.
- EEC/UFG e WEDC – Escola de Engenharia Civil/ Universidade Federal de Goiás e Water Engineering and Development Centre (2003). *Drenagem Urbana Sustentável no Brasil*. Relatório do Workshop em Goiânia – GO. Goiânia, 24p.
- Eiswirth, M., Hötzl, H e Burn, L. S. (2000). “Development scenarios for sustainable urban water systems”. *Proceedings of the International Association of Hydrogeologists Conference 2000*, Cape Town, South Africa. Disponível em: < http://www.agk.uni-karlsruhe.de/mitarbeiter/eiswirth/Eiswirth_et_al_IAH_Cape_Town%202000.pdf > Acesso em: 22/03/2005, 21h15min.
- EPA – Environmental Protection Agency (1999). *Low-Impact Development Design Strategies: An Integrated Design Approach*. Department of Environmental Resources, Programs and Planning Division, Prince George, E.U.A., 150p.
- Fadiga Junior, F. M. (2001). *Projeto de Canais e Reservatórios de Retenção para Drenagem Urbana*. FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, São

- Paulo, 71p. Disponível em: <<http://www.fcth.br/public/cursos/canresdrenur.html>>
Acesso em: 18/10/05, 16h25min.
- FHMS/EPD – Flood Hazard Management Section/Environmental Protection Division (2003). *Dike Design and Construction Guide: Best Management Practices for British Columbia*. British Columbia, Canada, 110p.
- Figueroa, F. E. V. (2005). *Sistema de Apoio à Decisão para uma Abordagem Preventiva da Gestão de Conflitos dos Usos dos Recursos Hídricos: O Caso da Sub-bacia 22 do Rio Tocantins*. II Seminário de Doutorado, Universidade de Brasília, Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Brasília, 71p.
- Gallopín, G. C. (1997). “Indicators and their use: information for decision-making”. In: Moldan, B., Billharz, S. and Matravers, R. (Eds.). *Sustainability Indicators: Report of the Project of Indicators of Sustainable Development*. SCOPE 58. John Wiley, New York, E.U.A, 13-27.
- Godet, M. e Roubelat, F. (2000). “Scenario planning: an open future”. *Technological Forecasting and Social Change*, **65**(1), 1-2.
- Godet, M., Monti, R., Meunier, F. Roubelat, F. (2000). “A ‘Caixa de Ferramentas’ da prospectiva estratégica”. *Caderno do Centro de Estudos de Prospectiva e Estratégica*, CEPES – Centro de Estudos de Prospectiva e Estratégia, Lisboa, Portugal, 97p.
- Gomes, L.A. e Chaudhry, F. H. (1981). “Aspectos qualitativos das águas de escoamento superficial urbano”. *Anais do IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos*, **3**, 541-552, Fortaleza.
- Henriques, M. (2002). *O Sentido da Prospectiva Estratégica: Documento para a Reflexão*. Disponível em: <<http://pwp.netcabo.pt/netmendo/prospectiva%20estrategica.htm>>
Acesso em: 02/06/2005, 12h20min.
- Hodge, R. A., Hardy, P. e Bell, D. V. J. (1999). “Seeing change through the lens of sustainability”. *Background Paper for Workshop Beyond Delusion: Science and Policy Dialogue on Designing Effective Indicators of Sustainable Development*, International Institute for Sustainable Development, San Rafael de Heredia, Costa Rica.
- Hogan, D. F. (1993). “Crescimento populacional e desenvolvimento sustentável”. *Lua Nova*, **31**, 57-77.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2002). *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – 2000*. Rio de Janeiro, 431p.

- IPH/UFRGS – Instituto de Pesquisas Hidráulicas/Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2002a). *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre: Fundamentos*. **1**, Porto Alegre, 105p.
- IPH/UFRGS – Instituto de Pesquisas Hidráulicas/Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2002b). *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre: Bacia do Arroio Moinho*. **3**, Porto Alegre, 122p.
- IPH/UFRGS – Instituto de Pesquisas Hidráulicas/Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2002c). *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre: Arroio Areia*. **4**, Porto Alegre, 163p.
- IPH/UFRGS – Instituto de Pesquisas Hidráulicas/Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2002d). *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre: Bacia Almirante Tamandaré*, **5**, Porto Alegre, 143p.
- IPH/UFRGS – Instituto de Pesquisas Hidráulicas/Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2002e). *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre: Sistema de Proteção Contra Enchente*, **6**, Porto Alegre, 113p.
- Iwasa, O. Y. e Fendrich, R. (2001). "Controle de erosão urbana". In: Oliveira, A. M. S. e Brito, S. N. A. (editores). *Geologia de Engenharia*. 2º reimpressão, ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, São Paulo, 271-281.
- Jacobi, P. (2002). "Meio ambiente urbano e sustentabilidade: alguns elementos para a reflexão". In: Cavalcanti, C. (Org.). *Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas*. 4 ed., Fundação Joaquim Nabuco, Cortez, São Paulo, 384-390.
- Jorge, F. N. e Uehara, K. (2001). "Águas de superfície". In: Oliveira, A. M. S. e Brito, S. N. A. (editores.). *Geologia de Engenharia*. 2º reimpressão, ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, São Paulo, 101-109.
- Koontz, H., O'Donnell, C. e Weihrich, H. (1987). *Administração: Organização, Planejamento e Controle*. 14 ed., Pioneira, São Paulo, 536p.
- Lanna, A. E. L. (1985). "Princípios para o controle de inundações fluviais em regiões metropolitanas". *Anais do VI Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos*. **1**, 258-272, São Paulo.
- Maclaren, V. W. (1996). "Urban sustainability reporting". *Journal of the American Planning Association*, **62**(2), 184-202.
- Malta, T. S. (2001). *Aplicação de Lodos de ETE's na Agricultura: Estudo de Caso do Município de Rio das Ostras – RJ*. Dissertação de Mestrado, Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 68p.

- Maršálek, J. e Sztruhár, D. (1994). "Urban drainage: review of contemporary approaches". *Water Science and Technology*, **29**(1-2), 1-10.
- Martín, F. O. S. (2004). *La Prospectiva: Herramienta Indispensable de Planeamiento en una Era de Cambios*. Organización de Estados Iberoamericanos, Lima, Peru. Disponível em: <<http://www.oei.es/catedraperu6.htm>> Acesso em: 01/06/2005, 17h.
- Martins, M. J. (2004). *Gerenciamento de Recursos Hídricos e Drenagem Urbana no Município de São João de Meriti: Análise Espacial do Efeito da Implantação de Microreservatórios em Lotes sobre as Inundações*. Dissertação de Mestrado, COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 145p
- MDE – Maryland Department of the Environment (2000a). *Maryland Stormwater Design Manual. 1*, Center for Watershed Protection, Baltimore, EUA. Disponível em: <http://www.mde.state.md.us/Programs/WaterPrograms/WaterPrograms/SedimentandStormwater/stormwater_desing/index.asp> Acesso em: 09/10/05, 15h39min.
- MDE – Maryland Department of the Environment (2000b). *Maryland Stormwater Design Manual. 2*, Center for Watershed Protection, Baltimore, EUA. Disponível em: <http://www.mde.state.md.us/Programs/WaterPrograms/WaterPrograms/SedimentandStormwater/stormwater_desing/index.asp> Acesso em: 09/10/05, 15h45min.
- MMA/SRH – Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos (2001). *Termos de Referência para Elaboração dos Planos de Recursos Hídricos*. Documento básico, Brasília.
- Moura, P. M. (2004). *Contribuição para a Avaliação Global de Sistemas de Drenagem Urbana*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 146p.
- NCTCG – North Central Texas Council of Governments (2004a). *Integrated Storm Water Management: Policy Guide Book*. Arlington, E.U.A. Disponível em: <<http://www.iswm.dfwinfo.com/Documents/Policy.asp>> Acesso em: 23/02/05, 10h.
- NCTCG – North Central Texas Council of Governments (2004b). *Integrated Storm Water Management: Design Manual for Development/Redevelopment*. Arlington, E.U.A. Disponível em: <<http://www.iswm.dfwinfo.com/Documents/Development.asp>> Acesso em: 23/02/05, 10h25min.
- NEA/UFSC – Núcleo de Estudos da Água/Universidade Federal de Santa Catarina (2002). *Plano Diretor de Drenagem Urbana*. Disponível em:

- <<http://www.labdren.ufsc.br/pesquisa/itacorubi/index.php?secao=pddu>> Acesso em: 01/02/2005, 10h10min.
- NJDEP – New Jersey Department of Environmental Protection (2004). *New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual*. Disponível em: <http://www.njstormwater.org/bmp_manual2.htm> Acesso em: 12/09/05, 9h15min., Trenton, E.U.A.
- Novotny, V. (1991). “Urban diffuse pollution: sources and abatement”. *Water Environment & Technology*, **3**(12), 60-65.
- OECD – Organization for Economic Cooperation and Development (1993). *OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews*. Monographs nº 83, Paris, France, 39p. Disponível em: <<http://lead.virtualcenter.org/pt/dec/toolbox/Refer/gd93179.pdf>> Acesso em: 24/06/2005, 10h20min.
- OECD – Organization for Economic Cooperation and Development (1997). *OECD Environmental Performance Reviews – A Practical Introduction*. Paris, France, 60p. Disponível em: <<http://lead.virtualcenter.org/pt/dec/toolbox/Refer/gd9735.pdf>> Acesso em: 24/06/2005, 21h15min.
- OECD – Organization for Economic Cooperation and Development (1998). *Towards More Sustainable Household Consumption Patterns Indicators to Measure Progress*. Paris, France, 95p. Disponível em: <[http://www.olis.oecd.org/olis/1998doc.nsf/linkto/env-epoc-se\(98\)2-final](http://www.olis.oecd.org/olis/1998doc.nsf/linkto/env-epoc-se(98)2-final)> Acesso em: 25/06/2005, 18h15min.
- Oliveira, A. M. S., Iwasa, O. Y., Kertzman, F. F. e Almeida, G. S. (1990). "A caracterização de boçorocas urbanas: uma proposta de cadastro". *Anais do Simpósio Latino-Americano sobre Risco Geológico Urbano*, **1**, ABGE, São Paulo, 126-139.
- Oliveira, M. G. B. e Baptista, M. B. (1997). “Análise da evolução temporal da produção de sedimentos na bacia hidrográfica da Pampulha e avaliação do assoreamento do reservatório”. *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Vitória.
- PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo (1999). *Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo*. São Paulo, 289p. Disponível em: <http://www.usp.br/fau/docentes/deptecnologia/r_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf> Acesso em: 20/01/2005, 17h15min.
- Pompêo, C. A. (2000). “Drenagem Urbana Sustentável”. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **5**(1), 15-23.

- Porto, M. F. A. (1995). "Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas". In: Tucci, C. E. M., Porto, R. L. L. e Barros, M. T. (Org.) *Drenagem Urbana*. Editora da UFRG e ABRH, Porto Alegre, 387-428.
- Porto, R., Zahed F., K., Tucci, C.E.M. e Bidone, F. (2001). "Drenagem urbana". Tucci, C. E. M. (Org.) *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 2 ed., EDUSP, Editora da UFRG, ABRH, Porto Alegre, 805-847.
- Quadros, J. S. e Franco, A. A. M. (1967). *História do Povo Brasileiro*. Jânio Quadros Editores Culturais, 5, São Paulo, 78p.
- Ramos, C. L. (1995). "Erosão urbana e produção de sedimento". In: Tucci, C. E. M., Porto, R. L. L. e Barros, M. T. (Org.) *Drenagem Urbana*. Editora da UFRG e ABRH, Porto Alegre, 241-275.
- Resende, M. F., Saliba, A. P. M., Soares, D. V., Vieira, I. L., Freitas, S. P. e Santos, T. H. (2004). "Desenvolvimento de estudo de drenagem urbana no município de Belo Horizonte – MG: A experiência do DRENURBS". *Anais do III Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste*, Goiânia.
- Righetto, A. M. (1998). *Hidrologia e Recursos Hídricos*. EESC/USP, projeto REENGE, São Carlos, 840p.
- Riguetto, J. M. e Mendiondo, E. M. (2004). "Avaliação de riscos hidrológicos e propostas de seguros contra enchentes". *Anais do III Simpósio dos Recursos Hídricos do Centro Oeste*, Goiânia.
- RIPSA – Rede Interagencial para a Saúde (2002). *Indicadores Básicos para a Saúde no Brasil: Conceitos e Aplicações*. OPAS/OMS – Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde, Brasília, 299p.
- Rocha, H. M. (2004). "Cenários prospectivos: ferramentas estratégicas para a obtenção e manutenção da vantagem competitiva das organizações". *RECADM – Revista Eletrônica de Ciência Administrativa*, 3(2).
- Santos Neto, G. M. e Barros, A. B. (2003). "A História do saneamento da cidade do Rio de Janeiro". *Comum*, 7(20), 175-191.
- Schwartz, P. (2004). *A Arte da Visão de Longo Prazo: Planejando o Futuro em um Mundo de Incertezas*. 3 ed., Best Seller, São Paulo, 215p.
- SEMA/SERLA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente/Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (1996). *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Iguaçu-Sarapuá – Ênfase: Controle de Inundações*. Relatório Final, Rio de Janeiro, 180p.

- SEMADS – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (2001). *Enchentes no Estado do Rio de Janeiro: Uma Abordagem Geral*. SEMADS/GTZ, Rio de Janeiro, 160p.
- SEMAE e IPH/UFRGS – Serviço Municipal de Água e Esgotos de São Leopoldo e Instituto de Pesquisas Hidráulicas/Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2001). *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Caxias do Sul*. IPH/UFRGS, Caxias do Sul, 153p. Disponível em: < <http://www.iph.ufrgs.br/gerenciarede/servicos/producao/ListaPublicacoes.asp> > Acesso em: 20/01/2005, 14h20min.
- SEMASA – Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André (2005). *Plano Diretor de Drenagem: O Primeiro do País*. Disponível em: <<http://www.semasa.com.br/>> Acesso em: 08/05/2005, 21h15min.
- Silva, B. J., Pereira, O. S. e Moraes, L. R. S (2005). “O Componente Drenagem Urbana no Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas, Bahia”. *Anais do 35º Assembléia Nacional da Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento*, Belo Horizonte.
- Silveira, A.L.L. (1998). “Hidrologia urbana no Brasil”. In: Braga, B., Tucci, C.E.M. e Tozzi, M., (Org.) *Drenagem Urbana: Gerenciamento, Simulação, Controle*, ABRH, Editora da Universidade, Porto Alegre, 7-25.
- Silveira, A. L. L. (2002). “Drenagem Urbana: Aspectos de Gestão”. *Apostila do curso de gestores regionais de recursos hídricos*. IPH/UFRGS, Fundo Setorial de Recursos Hídricos/CNPq, Porto Alegre, 70p. Disponível em: <<http://www.iph.ufrgs.br/grad/disciplinas/dhh/iph01014/APOSTILADRENAGEMGESTORES2002.pdf>> Acesso em: 23/02/2005, 22h23min.
- SNSA/PMSS – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental/Programa de Modernização do Setor Saneamento (2003). *A Questão da Drenagem Urbana no Brasil: Elementos para a Elaboração de uma Política Nacional de Drenagem Urbana*. Brasília, 33p.
- Souza, V. C. B. (1999). “Trincheiras de infiltração como elemento de controle do escoamento superficial: um estudo experimental”. *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Belo Horizonte.
- Souza, V. C. B. (2002). *Estudo Experimental de Trincheiras de Infiltração no Controle da Geração do Escoamento Superficial*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 151p.

- Stephens, K. A., Graham, P. and Reid, D. (2002). *Stormwater Planning: A Guidebook for British Columbia*. Ministry of Environment of Canada, British Columbia, Canada 244p.
- SUDECAP – Superintendência de Desenvolvimento da Capital (1999). *Termo de Referência para Elaboração do Plano Diretor de Drenagem de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, 59p.
- Tsutiya, M. T. e Bueno, R. C. R. (2004). “Contribuição de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário no Brasil”. *Agua Latinoamérica*, **4**(4), 20-25.
- Tucci, C. E. M. (1995). “Inundações urbanas”. In: Tucci, C. E. M., Porto, R. L. L. e Barros, M. T. (Org.) *Drenagem Urbana*. Editora da UFRG e ABRH, Porto Alegre, 15-36.
- Tucci, C. E. M. (1997). “Plano Diretor de Drenagem Urbana: princípios e concepção”. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **2**(2), 5-12.
- Tucci, C. E. M. e Genz, F. (1995). “Controle do impacto da urbanização”. In: Tucci, C. E. M., Porto, R. L. L. e Barros, M. T. (Org.) *Drenagem Urbana*. Editora da UFRG e ABRH, Porto Alegre, 277-347.
- Tucci, C. E. M. (2000). “Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas”. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **5**(1), 61-68.
- Tucci, C. E. M. (2001). “Drenagem urbana” In: Tucci, C. E. M. (Org.) *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 2 ed., EDUSP, Editora da UFRG, ABRH, Porto Alegre, 805-847.
- Tucci, C. E. M. (2002). “Gerenciamento da Drenagem Urbana”. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **7**(1), 5-27.
- Tucci, C. E. M. (2003). “Inundações e Drenagem Urbana”. In: Tucci, C. E. M. e Bertoni, J. C. (Org.) *Inundações Urbanas na América do Sul*. ABRH, Porto Alegre, 45-150.
- Tucci, C. E. M. (2005). *Gestão das Inundações Urbanas*. Global Water Partnership/ UNESCO, Porto Alegre, 200p.
- UDFCD – Urban Drainage and Flood Control District (2001). *Urban Storm Drainage Criteria Manual*. **1**, Denver, EUA.
- UDFCD – Urban Drainage and Flood Control District (2002). *Urban Storm Drainage Criteria Manual*. **3**, Denver, EUA.
- UnB/PUC Minas/IDHS/PNUD – Universidade de Brasília/Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais/Instituto de Desenvolvimento Humano Sustentável/Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2004).

Sustentabilidade Ambiental – Objetivo 7: Garantir a Sustentabilidade Ambiental, PUC Minas/IDHS, Belo Horizonte, 308p.

UNFPA – United Nations Fund for Population Activities (2004). *State of World Population*. New York, E.U.A., 124p. Disponível em: <http://www.unfpa.org/swp/2004/pdf/en_swp04.pdf> Acesso em: 26/05/2005, 19h45min.

UNSD – United Nations Statistics Division (2000). *Activities of the Environment Statistics Section of the United Nations Statistics Division*. Disponível em: <<http://www.unescap.org/stat/envstat/stwes-014.pdf>> Acesso em: 21/06/2005, 23h05min.

Urbonas, B. e Roesner, L (1993). “Hydrologic Design for Urban Drainage and Flood”. In: Maidment, D. *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill, New York, E. U. A.

Urbonas, B e Stahre, P. (1993). *Stormwater – Best Management Practices and Detention for Water Quality, Drainage and CSO Management*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, EUA, 441p.

Vaz Junior, S. N., Pereira, N. G. e Botacini, S, M. (1999). “Plano Diretor de Drenagem do Município de Santo André”. *Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro.

Vaz Filho, P. e Cordeiro, J. S. (2000). “Diagnóstico de drenagem urbana na região central do estado de São Paulo”. *Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Porto Alegre.

Villanueva, A. O. N., Tassi, R. e Allasia, D. G. (2000). “Planos Diretores de Drenagem Urbana: os casos de Porto Alegre e Caxias do Sul – RS – Brasil”. *IPH/UFRGS*. Disponível em: < <http://www.iph.ufrgs.br/gerenciarede/servicos/producao/ListaPublicacoes.asp>> Acesso em: 25/01/2005, 15h38min.

Villanueva, A. O. N. e Tucci, C. E. M. (2000). “Simulação de alternativas de controle para Planos Diretores de Drenagem Urbana”. *IPH/UFRGS*. Disponível em: < <http://www.iph.ufrgs.br/gerenciarede/servicos/producao/ListaPublicacoes.asp>> Acesso em: 25/01/2005, 15h40min.

Villanueva, A. O. N., Tassi, R. e Allasia, D. G. (2001). “Manejo integrado de bacias urbanas e Planos Diretores de Drenagem Urbana: Porto Alegre e Caxias do Sul – RS – Brasil”. *IPH/UFRGS*. Disponível em: <<http://www.iph.ufrgs.br/gerenciarede/servicos/producao/ListaPublicacoes.asp>> Acesso em: 25/01/2005, 15h35min.

REFERÊNCIAS CITADAS EM APUD

- Azzout, Y., Barraud, S., Cres, F. N. e Alfakih, E. (1994). *Techniques alternatives en assainissement pluvial: choix, conception, realization et entretien*. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, France, 372p.
- Bakkes, J. A., Van Den Born, G. J., Helder, J. C., Swart, R. J., Hope, C. W. and Parker, J. D. E. (1994). *An Overview of Environmental Indicators: State of the Art and Perspectives*. Environmental Assessment Sub-Programme, United Nations Environment Program, Nairobi, Kenya, 72p.
- CERTU – Centre d'études sur les reseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (1998). *Techniques alternatives aux reseaux d'assainissement pluvial*. Collections du Certu, Lyon, France, 155p.
- Chocat, B. (Org.) (1997). *Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement*. Lavoisier, Paris, France, 1.124p.
- Desbordes, M. (1987). *Contribution à l'analyse et à la modélisation des mecanismes hydrologiques en milieu urbain*. Thèse, Académie de Montpellier, Montpellier, France, 242p.
- Hall, M. J. (1984). *Urban Hydrology*. Essex: Elsevier, Londres, Inglaterra.
- Huber, W. C. (1986). "Modeling urban runoff quality: state-of-the-art". In: Urbonas, B. and Roesner, L. A., (eds.) *Urban Runoff Quality - Impact and Quality Enhancement Technology*. American Society of Civil Engineers, New York, E.U.A., 34-48.
- Schueler, T (1987). *Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs*. Metropolitan Washington Council of Governments, Washington, DC, E.U.A., 240p.
- Tucci, C. E. M., Zamanillo, E. A. E Pasinato, H. D. (1989). "Sistema de simulação precipitação-vazão IPHS1". In: *Produção em Recursos Hídricos*, **20**, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – UFRGS, Porto Alegre.
- Villanueva, A. O. N. (1990). *Modelo para Escoamento não Permanente em uma Rede de Conduitos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, 83p.
- Walesh, S. G. (1989). *Urban Surface Water Management*. John Wiley & Son, Inc., New York, E.U.A., 544p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – FICHAS DE QUALIFICAÇÃO DOS INDICADORES DA DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL

Apêndice A.1 – Inadequação do grau de permeabilidade do solo

I-1: Taxa de crescimento da população

1. Conceituação

- ✓ Percentual de incremento médio anual da população residente em determinado espaço geográfico, no período considerado.
- ✓ O valor da taxa refere-se à média anual obtida para um período de anos compreendido entre dois momentos, em geral correspondentes aos censos demográficos.

2. Interpretação

- ✓ Indica o ritmo de crescimento populacional.
- ✓ A taxa é influenciada pela dinâmica da natalidade, da mortalidade e das migrações.

3. Usos

- ✓ Analisar variações geográficas e temporais do crescimento populacional.
- ✓ Realizar estimativas e projeções populacionais, para períodos curtos de tempo.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas específicas (dimensionamento da rede física, previsão de recursos, atualização de metas).

4. Limitações

- ✓ Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas à coleta de dados demográficos ou ao método empregado para elaborar estimativas e projeções populacionais.

- ✓ A utilização da taxa em projeções populacionais para anos distantes do último censo demográfico pode não refletir alterações recentes da dinâmica demográfica. Essa possibilidade tende a ser maior em populações pequenas.

5. Fontes

IBGE: Censo Demográfico, Contagem da População, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad), estimativas e projeções demográficas.

6. Método de cálculo

- ✓ As estimativas de crescimento da população são realizadas pelo método geométrico.
- ✓ Em termos, subtrai-se 1 da raiz enésima da população final, dividida pela população no começo do período considerado, multiplicando-se o resultado por 100, sendo “n” igual ao número de anos no período, expresso por:

$$\left(\sqrt[n]{\frac{P_{(t+n)}}{P_{(t)}}} - 1 \right) \times 100$$

I-2: Nível de Urbanização

1. Conceituação

Percentual da população residente dentro do perímetro urbano, em determinado município, no ano considerado.

2. Interpretação

Indica a proporção da população total que reside em áreas urbanas, segundo a divisão política administrativa estabelecida em nível municipal.

3. Usos

- ✓ Acompanhar o processo de urbanização do município ao longo do tempo.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas, para adequação e funcionamento da rede de serviços sociais e da drenagem urbanas.

4. Limitações

- ✓ Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas à coleta de dados demográficos ou ao método empregado para elaboração de estimativas e projeções populacionais.
- ✓ Variações na aplicação dos critérios de classificação da situação do domínio no nível municipal.

5. Fontes

IBGE: Censo Demográfico, Contagem da População, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad), estimativas e projeções demográficas.

6. Método de cálculo

$$\frac{\text{População urbana residente}}{\text{População total residente}} \times 100$$

I-3: Nível de áreas verdes urbanas

1. Conceituação

Área verde, ou seja, onde há o predomínio de vegetação arbórea, englobando as praças, os jardins públicos e os parques urbanos¹ dentro do perímetro urbano, em determinado município, por habitante, no ano considerado.

¹ Lima, A. M. L. P., Cavaleiro, F., Nucci, J. C., Souza, M. A. L. B., Fialho, N. O., Del Picchia, P. C. D. (1994). "Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos". *Anais do Congresso Brasileiro sobre Arborização Urbana*, 2, 539-550, São Luiz.

2. Interpretação

Indica a proporção da área urbana com alterações da quantidade e qualidade de águas pluviais escoadas na bacia hidrográfica, em relação à população residente.

3. Usos

- ✓ Acompanhar o processo de desmatamento, e conseqüentemente, impermeabilização da área urbana ao longo do tempo.
- ✓ Realizar modelagem de escoamento das águas pluviais em ambientes urbanos.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas específicas para a proteção de áreas verdes urbanas públicas e incentivos à conservação de áreas verdes particulares.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas à coleta de dados por meio do sensoriamento remoto ou ao método empregado para elaboração de estimativas de áreas verdes.

5. Fontes

Dados de sensoriamento remoto orbital do Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais ou outra instituição correlata.

6. Método de cálculo

$$\frac{\textit{Área verde urbana da bacia hidrográfica ou do município}}{\textit{População total residente na mesma área}}$$

I-4: Proporção de área construída ou impermeabilizada

1. Conceituação

Percentual de área impermeável dentro do perímetro urbano, em determinado município, no ano considerado.

2. Interpretação

Indica a proporção da área urbana com alterações da quantidade e qualidade de águas pluviais escoadas na bacia hidrográfica.

3. Usos

- ✓ Acompanhar o processo de impermeabilização de áreas urbanas ao longo do tempo.
- ✓ Realizar modelagem de escoamento das águas pluviais em ambientes urbanos.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas específicas para a redução de áreas impermeáveis.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas à coleta de dados por meio do sensoriamento remoto ou ao método empregado para elaboração de estimativas de áreas impermeáveis.

5. Fontes

Dados de sensoriamento remoto orbital do Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais ou outra instituição correlata.

6. Método de cálculo

- ✓ Quantificação da fração de áreas impermeáveis e sua distribuição espacial, a partir da classificação supervisionada de imagens digitais de satélite.
- ✓
$$\frac{\text{Área urbana impermeável}}{\text{Área urbana total}} \times 100$$

I-5: Proporção do incremento das vazões máximas

1. Conceituação

Percentual de incremento das vazões máximas, antes e após a urbanização de determinada bacia hidrográfica, em determinado município, no período considerado.

2. Interpretação

Indica a proporção da área urbana com alterações no uso e ocupação do solo, acarretando, basicamente, na alteração da quantidade de águas pluviais escoadas na bacia hidrográfica.

3. Usos

- ✓ Acompanhar o processo de urbanização dos municípios ao longo do tempo.
- ✓ Realizar modelagem de escoamento das águas pluviais em ambientes urbanos.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas específicas para a prevenção e controle de enchentes.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas à coleta de dados hidrometeorológicos ou ao método empregado para estimativas das vazões máximas.

5. Fontes

Secretaria de Recursos Hídricos do Estado, Comitês de Bacia, Agência Nacional de Águas ou outras instituições correlatas.

6. Método de cálculo

$$\left(\frac{Q_{MP}}{Q_{MA}} - 1 \right) \times 100, \text{ onde:}$$

- ✓ Q_{MP} é a vazão máxima da bacia ou sub-bacia hidrográfica, no período considerado, posteriormente ao processo de urbanização.
- ✓ Q_{MA} é a vazão máxima da bacia ou sub-bacia hidrográfica, no período considerado, anteriormente ao processo de urbanização.

Apêndice A.2 – Inexistência ou inadequação do serviço de drenagem pluvial

I-6: Proporção de profissionais de nível superior

1. Conceituação

Percentual de profissionais da área da drenagem urbana com cargo de nível superior em relação ao total, no período considerado.

2. Interpretação

- ✓ Mede a disponibilidade de profissionais do setor do saneamento: drenagem de águas pluviais.
- ✓ O indicador é fortemente influenciado pelas condições socioeconômicas da população e pelas políticas públicas desse setor.

3. Usos

- ✓ Avaliar variações temporais na distribuição de profissionais de nível superior da área da drenagem urbana, identificando situações de desequilíbrio.
- ✓ Subsidiar políticas de incentivo à interiorização desses profissionais.
- ✓ Contribuir nos processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas e ações voltadas para a formação de profissionais desse setor e sua inserção no mercado de trabalho.

4. Limitações

O indicador baseia-se no número de profissionais no exercício de atividades da profissão nos órgãos municipais, excluídos os terceirizados.

5. Fontes

Sistema de Informações de Recursos Humanos da Prefeitura Municipal ou Secretaria de Obras ou outro órgão responsável pela drenagem urbana.

6. Método de cálculo

$$\frac{\text{Número de profissionais de nível superior no setor}}{\text{Número total de profissionais no setor}} \times 100$$

I-7: Proporção de profissionais de nível técnico profissionalizante

1. Conceituação

Percentual de profissionais da área da drenagem urbana com cargo de nível técnico profissionalizante em relação ao total, no período considerado.

2. Interpretação

- ✓ Mede a disponibilidade de profissionais do setor do saneamento: drenagem de águas pluviais.
- ✓ O indicador é fortemente influenciado pelas condições socioeconômicas da população e pelas políticas públicas do setor.

3. Usos

- ✓ Avaliar variações temporais na distribuição de profissionais de nível técnico da área da drenagem urbana, identificando situações de desequilíbrio.
- ✓ Contribuir nos processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas e ações voltadas para a formação de profissionais desse setor e sua inserção no mercado de trabalho.

4. Limitações

O indicador baseia-se no número de profissionais no exercício de atividades da profissão nos órgãos municipais, excluídos os terceirizados.

5. Fontes

Sistema de Informações de Recursos Humanos da Prefeitura Municipal ou Secretaria de Obras ou outro órgão responsável pela drenagem urbana.

6. Método de cálculo

$$\frac{\text{Número de profissionais de nível técnico no setor}}{\text{Número total de profissionais no setor}} \times 100$$

I-8: Carga horária de capacitação de recursos humanos

1. Conceituação

Carga horária destinada à capacitação e treinamento de recursos humanos profissionais da área da drenagem urbana do município, no período considerado, por servidor da prefeitura, secretaria de obras, e/ou órgãos correlatos de gestão da drenagem urbana.

2. Interpretação

- ✓ Mede o grau de investimento na capacitação de profissionais nesse setor do saneamento, por período considerado.
- ✓ O indicador é fortemente influenciado pelas condições socioeconômicas da população e pelas políticas públicas do setor.

3. Usos

- ✓ Avaliar variações temporais em investimentos na capacitação e treinamento de profissionais do saneamento, identificando situações de desequilíbrio.
- ✓ Contribuir nos processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas e ações voltadas para a capacitação dos servidores desse setor.

4. Limitações

O indicador baseia-se nos profissionais no exercício de atividades da profissão nos órgãos públicos, excluídos os terceirizados.

5. Fontes

Sistema de Informações de Recursos Humanos da Prefeitura Municipal ou Secretaria de Obras ou outro órgão responsável pela drenagem urbana.

6. Método de cálculo

$$\frac{\text{Horas de capacitação ou treinamento no período considerado}}{\text{Número de servidores responsáveis pela drenagem urbana no período considerado}}$$

I-9: Indicador de desempenho financeiro

1. Conceituação

Proporção dos recursos financeiros municipais destinados à drenagem urbana, em relação às despesas totais com os serviços do setor, no período considerado.

2. Interpretação

- ✓ Mede o grau de investimento na gestão da drenagem urbana por parte do município, no período considerado.
- ✓ O indicador é fortemente influenciado pelas condições socioeconômicas da população e pelas políticas públicas do setor.

3. Usos

- ✓ Avaliar variações temporais da alocação de recursos financeiros municipais, identificando situações de desequilíbrio.

- ✓ Contribuir nos processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas e ações voltadas para as melhorias dos serviços desse setor.

4. Limitações

O indicador baseia-se nos recursos financeiros do município, excluídos os financiamentos para o setor e os repasses à fundo perdidos quando da declaração de estado de calamidade.

5. Fontes

Secretaria Municipal de Finanças Públicas ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

$$\frac{\text{Valor total dos recursos financeiros municipais para drenagem urbana}}{\text{Despesas totais com o serviço}} \times 100$$

I-10: Investimento per capita em drenagem urbana

1. Conceituação

Investimentos na drenagem urbana realizado pelo município, por residente, no ano considerado.

2. Interpretação

- ✓ Mede a quantidade de investimentos financeiros alocados para a gestão da drenagem urbana, por período considerado.
- ✓ O indicador é fortemente influenciado pelas condições socioeconômicas da população e pelas políticas públicas do setor.

3. Usos

- ✓ Avaliar variações temporais dos investimentos no setor, identificando situações de desequilíbrio.
- ✓ Contribuir nos processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas e ações voltadas para captação de recursos para o setor.

4. Limitações

Os custos são apresentados em reais correntes do ano, sendo necessário ajustes para comparação de série histórica.

5. Fontes

Prefeitura Municipal, Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento – SNIS do Ministério das Cidades.

6. Método de cálculo

$$\frac{\textit{Valor total dos investimentos municipais em drenagem urbana}}{\textit{População total do município}}$$

Apêndice A.3 – Inexistência ou inadequação do sistema de drenagem pluvial

I-11: Cobertura domiciliar de microdrenagem

1. Conceituação

Percentual de domicílios situados em ruas com sistema de microdrenagem, ou seja, sarjetas, bocas de coletoras/grelhas, poços de visita, galerias de pequeno e médio porte, no período considerado.

2. Interpretação

Indica a proporção de domicílios da área urbana servidos por sistema inicial de drenagem.

3. Usos

- ✓ Acompanhar o desenvolvimento da rede de microdrenagem ao longo do tempo.
- ✓ Contribuir nos processos de planejamento dos sistemas de microdrenagem.
- ✓ Estimar a população não servida por esse tipo de infra-estrutura.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas ao cadastro da rede de microdrenagem.

5. Fontes

Secretaria de Obras do Município, órgão correlato ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

$$\frac{\text{Domicílios localizados em ruas com microdrenagem}}{\text{Total de domicílios}} \times 100$$

I-12: Existência de sistema de drenagem superficial

1. Conceituação

Percentual de ruas que possuem sarjetas², ou seja, faixas de via pública, paralelas e vizinhas ao meio-fio, no período considerado.

2. Interpretação

² Bidone, F. R. A. e Tucci, C. E. M. (1995). "Microdrenagem". In: Tucci, C. E. M., Porto, R. L. L. e Barros, M. T. (Org.) *Drenagem Urbana*. Editora da UFRG e ABRH, Porto Alegre, 77-105.

Indica a proporção de ruas que possuem capacidade de condução hidráulica nas sarjetas, ou seja, a calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que para elas escoam.

3. Usos

- ✓ Acompanhar o desenvolvimento da rede de microdrenagem ao longo do tempo.
- ✓ Contribuir nos processos de planejamento dos sistemas de microdrenagem.
- ✓ Estimar a população não servida por esse tipo de infra-estrutura.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas ao cadastro da rede de microdrenagem.

5. Fontes

Secretaria de Obras do Município, órgão correlato, ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

$$\frac{\text{Ruas com sarjeta ou guia}}{\text{Total de ruas}} \times 100$$

I-13: Existência de sistema de drenagem subterrâneo

1. Conceituação

Percentual de ruas que possuem galerias³, ou seja, canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas coletoras e das ligações privadas, no período considerado.

³ Bidone, F. R. A. e Tucci, C. E. M. (1995). "Microdrenagem". In: Tucci, C. E. M., Porto, R. L. L. e Barros, M. T. (Org.) *Drenagem Urbana*. Editora da UFRG e ABRH, Porto Alegre, 77-105.

2. Interpretação

Indica a proporção de ruas que possuem capacidade de condução hidráulica nas galerias subterrâneas, ou seja, dutos receptores das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que para elas escoam por meio do sistema inicial de drenagem.

3. Usos

- ✓ Acompanhar o desenvolvimento da rede de macrodrenagem ao longo do tempo.
- ✓ Contribuir nos processos de planejamento dos sistemas de macrodrenagem.
- ✓ Estimar a população não servida por esse tipo de infra-estrutura.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas ao cadastro da rede de macrodrenagem.

5. Fontes

Secretaria de Obras do Município, órgão correlato ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

$$\frac{\textit{Ruas com galerias}}{\textit{Total de ruas}} \times 100$$

I-14: Limpeza e desobstrução de galerias

1. Conceituação

Volume de sedimento retirado das galerias de drenagem, ou seja, condutos fechados que conduzem as águas pluviais provenientes das bocas coletoras e das ligações privadas, no período considerado, preferencialmente, por ano.

2. Interpretação

Indica o volume de sedimento transportado por meio das galerias que reduzem a capacidade de escoamento das mesmas.

3. Usos

- ✓ Acompanhar o transporte e deposição do sedimento ao longo do tempo em galerias.
- ✓ Estimar volumes futuros de sedimentos a serem retirados a fim de manter capacidade de escoamento de projeto.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas, para adequação e funcionamento dos serviços de manutenção do sistema de drenagem urbana.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas ao registro dos volumes retirados das galerias de drenagem.

5. Fontes

Secretaria de obras, órgãos correlatos ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

$$\frac{\text{volume de sedimento retirado das galerias}}{\text{Período considerado}}$$

I-15: Limpeza e desobstrução de canais

1. Conceituação

Volume de sedimento retirado dos canais, ou seja, conduto aberto artificial ou natural, no período considerado, preferencialmente, por ano.

2. Interpretação

Indica o volume de sedimento transportado nos canais que reduzem a capacidade de escoamento do mesmo.

3. Usos

- ✓ Acompanhar o transporte e deposição do sedimento ao longo do tempo, nos canais.
- ✓ Estimar volumes futuros de sedimentos a serem retirados a fim de manter a profundidade e/ou traçado do canal de projeto ou calha de corpos hídricos.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas, para adequação e funcionamento dos serviços de manutenção do sistema de drenagem urbana.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas ao registro dos volumes retirados dos canais de drenagem.

5. Fontes

Secretaria de obras, órgãos correlatos ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

$$\frac{\text{Volume de sedimento retirado dos canais}}{\text{Período considerado}}$$

I-16: Incidências de alagamentos no município

1. Conceituação

Registro de ocorrências de alagamentos na área urbana municipal, no período considerado, preferencialmente, por ano.

2. Interpretação

Indicam a quantidade de ocorrências de extravazamentos do canal de drenagem para áreas marginais e alagamentos pontuais por interferências ao escoamento das águas pluviais, ocasionando potencial risco à integridade física, danos materiais e patrimoniais ao longo do tempo.

3. Usos

- ✓ Acompanhar a capacidade efetiva das medidas de controle em retardar os picos de cheia, ao longo do tempo.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas, para adequação e funcionamento do sistema de drenagem urbana e da Defesa Civil Pública.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas ao registro das ocorrências de alagamentos no município.

5. Fontes

Defesa Civil Municipal, Secretaria de Obras do Município, órgão correlato ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

$$\frac{\textit{Eventos registrados de alagamentos}}{\textit{ano}}$$

I-17: Incidência de escorregamento de massa no município

1. Conceituação

Registro de ocorrências de escorregamento de massa na área urbana municipal, no período considerado, preferencialmente, por ano.

2. Interpretação

Indica a quantidade de ocorrências de escorregamentos de massa de potencial risco à integridade física, danos materiais e patrimoniais ao longo do tempo.

3. Usos

- ✓ Acompanhar a capacidade efetiva das medidas para estabilização de encostas, ao longo do tempo.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas, para adequação e funcionamento da prevenção e controle de movimentos de massa em encostas.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas ao registro das ocorrências de alagamentos no município.

5. Fontes

Defesa Civil Municipal, Secretaria de Obras do Município, órgão correlato ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

$$\frac{\textit{Eventos registrados de escorregamentos de massa}}{\textit{ano}}$$

Apêndice A.4 – Inexistência ou inadequação da gestão da drenagem urbana

I-18: Percepção do usuário sobre a qualidade dos serviços de drenagem

1. Conceituação

Quantidade de sugestões, reclamações, dúvidas e elogios feitos ao serviço de atendimento ao público sobre os sistemas de drenagem urbana, no período considerado.

2. Interpretação

Indica a percepção do usuário do sistema sobre a qualidade dos serviços prestados à comunidade.

3. Usos

- ✓ Acompanhar a percepção do usuário quanto à qualidade do sistema de drenagem, ao longo do tempo.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas, para adequação e melhor funcionamento dos serviços de drenagem urbana.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas ao registro das ocorrências de sugestões, reclamações, dúvidas e elogios ao serviço de atendimento ao público, via mensagem eletrônica, telefone, etc.

5. Fontes

Secretaria de Obras do Município, órgão correlato ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

I-19: Existência de instrumentos para o planejamento governamental

1. Conceituação

Ocorrência de pelo menos três instrumentos fundamentais para o planejamento urbano, em especial ao saneamento e à habitação, no período considerado.

2. Interpretação

Expressam as condições existentes para a promoção e implantação de políticas públicas no setor saneamento e habitação.

3. Usos

- ✓ Acompanhar a promoção e implementação dos instrumentos reguladores do sistema de drenagem urbana, ao longo do tempo.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas, para adequação e funcionamento dos serviços de drenagem urbana.

4. Limitações

O indicador baseia-se na existência ou não de instrumentos de planejamento, no entanto, não considera a implementação efetiva do mesmo.

5. Fontes

Prefeitura Municipal

6. Método de cálculo

Existe pelo menos três dos instrumentos de planejamento abaixo, em um determinado período considerado? (Categoria de resposta: Sim/Não)

Plano Plurianual, Lei de Diretrizes Orçamentárias, Orçamento Anual, Plano de Desenvolvimento Econômico e Social, Zoneamento Ecológico-Econômico, Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Município, Lei de Uso e Ocupação do Solo, Plano Diretor de Drenagem Urbana.

I-20: Participação da população em consultas públicas, encontros técnicos, oficinas de trabalho e audiências públicas sobre PDDrU

1. Conceituação

Quantidade de segmentos da sociedade civil, participantes das consultas públicas, encontros técnicos, oficinas de trabalho e audiências públicas, no ano considerado.

2. Interpretação

Indica o grau de participação da sociedade na gestão participativa da drenagem urbana.

3. Usos

- ✓ Acompanhar a participação da sociedade civil organizada no processo elaboração, implantação e manutenção do PDDrU, ao longo do tempo.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas, para adequação e funcionamento da gestão participativa da drenagem urbana.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas ao registro de participantes das consultas públicas, encontros técnicos, oficinas de trabalho e audiências públicas.

5. Fontes

Secretaria de Obras, órgão correlato ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

Segmentos da sociedade civil participante

por ano

I-21: Despesa dos serviços de drenagem por empregado

1. Conceituação

Despesa média com recursos humanos da drenagem urbana, por servidor ou empregado da área, no ano considerado.

2. Interpretação

- ✓ Mede a quantidade de investimentos financeiros alocados para a gestão da drenagem urbana, por empregado no setor.
- ✓ O indicador é fortemente influenciado pelas condições socioeconômicas da população e pelas políticas públicas do setor.

3. Usos

- ✓ Avaliar variações temporais das despesas no setor, identificando situações de desequilíbrio.
- ✓ Contribuir nos processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas e ações voltadas para captação de recursos para o setor.

4. Limitações

Os custos são apresentados em reais correntes do ano, sendo necessário ajustes para comparação de série histórica.

5. Fontes

Secretaria de Obras, órgão correlato ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

$$\frac{\textit{Despesa média anual dos serviços de drenagem urbana}}{\textit{servidor ou empregado da área}}$$

I-22: Incidência das despesas de pessoal e serviços de terceiros no total

1. Conceituação

Despesa do município com a prestação de serviços de terceiros para a drenagem urbana, no ano considerado.

2. Interpretação

- ✓ Mede a quantidade de recursos financeiros gastos com terceirizações para a gestão da drenagem urbana.
- ✓ O indicador é fortemente influenciado pelas condições socioeconômicas da população e pelas políticas públicas do setor.

3. Usos

- ✓ Avaliar variações temporais das despesas no setor, identificando situações de desequilíbrio.
- ✓ Contribuir nos processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas e ações voltadas para captação de recursos para o setor.

4. Limitações

Os custos são apresentados em reais correntes do ano, sendo necessário ajustes para comparação de série histórica.

5. Fontes

Secretaria de Obras, órgão correlato ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

$$\frac{\text{Despesa com a prestação de serviços de terceiros para drenagem urbana}}{\text{ano}}$$

Apêndice A.5 – Existência de interferências à eficácia do sistema de drenagem

I-23: Cobertura de serviço de coleta de resíduos sólidos

1. Conceituação

- ✓ Percentual da população residente atendida, direta ou indiretamente, por serviço regular de lixo domiciliar, em determinado espaço geográfico, no ano considerado.
- ✓ Considera-se o atendimento⁴: (i) direto, quando a coleta de resíduos sólidos é realizada no domicílio, por empresa de limpeza urbana (pública ou particular); e (ii) indireto, quando os resíduos sólidos são depositados em caçambas, tanques ou outro depósitos, sendo posteriormente coletado por serviço ou empresa de limpeza urbana (pública ou privada).

2. Interpretação

- ✓ Mede a cobertura populacional de serviços regulares de coleta domiciliar de resíduos sólidos.
- ✓ Baixas coberturas favorecem a interferência nos sistemas de drenagem, além de proporcionar a proliferação de doenças transmissíveis decorrentes de contaminação ambiental.

3. Usos

⁴ IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004). *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – Pnad: Notas Técnicas*, 25, Rio de Janeiro, 27p.

- ✓ Analisar variações temporais na cobertura de serviços de coleta de lixo, identificando situações de insuficiência que possam indicar medidas de intervenção.
- ✓ Favorecer elementos para a análise de risco para a drenagem urbana associados a fatores ambientais.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas voltadas para o saneamento ambiental, especialmente as relacionadas à coleta de resíduos sólidos.

4. Limitações

- ✓ O indicador refere-se somente à disponibilidade de serviços regulares de coleta de resíduos sólidos domiciliar, não incluindo as condições de funcionamento (frequência, assiduidade, volume transportado e destino final).
- ✓ A fonte usualmente utilizada para construir esse indicador (Pnad) não permite desagregações dos dados por município.

5. Fontes

IBGE: Censo Demográfico e Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad).

6. Método de cálculo

$$\frac{\text{População residente atendida, direta ou indiretamente, por serviço regular de coleta de resíduos sólidos no domicílio}}{\text{População total residente em domicílios particulares permanentes}} \times 100$$

I-24: Proporção de frequência de varrição adequada

1. Conceituação

Proporção de ruas e avenidas com sistemas de microdrenagem com varrição de duas ou mais vezes por semana, em relação ao total de ruas e avenidas com sistemas de microdrenagem.

2. Interpretação

- ✓ Mede a cobertura de serviços de varrição regular nas vias públicas.
- ✓ Baixas coberturas favorecem a interferência nos sistemas de microdrenagem, além de proporcionar a proliferação de doenças transmissíveis decorrentes de contaminação ambiental.

3. Usos

- ✓ Analisar variações temporais na cobertura de serviços de varrição pública, identificando situações de insuficiência que possam indicar medidas de intervenção.
- ✓ Favorecer elementos para a análise de risco para a microdrenagem urbana associados a fatores ambientais.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas voltadas para o saneamento ambiental, especialmente as relacionadas à limpeza urbana.

4. Limitações

O indicador refere-se somente à disponibilidade de serviços regulares de varrição pública, não incluindo as condições de funcionamento (frequência, assiduidade, volume transportado e destino final).

5. Fontes

Superintendência de Limpeza Urbana, órgão correlato ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

$$\frac{\textit{Quantidade de ruas com sistema de microdrenagem com varrição duas ou mais vezes por semana}}{\textit{Total de ruas com sistema de microdrenagem}} \times 100$$

I-25: Proporção de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana

1. Conceituação

Proporção de canais e galerias com obstruções parciais ou totais por rede de esgotamento sanitário, abastecimento de água, gasoduto, oleoduto ou infovias, em relação à extensão de canal ou galeria de drenagem, no período considerado.

2. Interpretação

- ✓ Indica o grau de planejamento e integração dos sistemas de infraestrutura urbana.
- ✓ Pouca integração dos sistemas de infraestrutura favorece a interferência, ou seja, obstruções dos canais e galerias de drenagem proporcionando a proliferação de vetores de doenças transmissíveis decorrentes de contaminação ambiental e a redução da capacidade de projeto para escoamento das águas pluviais.

3. Usos

- ✓ Acompanhar a eliminação de obstruções de canais e galerias de drenagem, ao longo do tempo.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas, para adequação e funcionamento dos serviços de manutenção do sistema de drenagem urbana.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas ao registro de interferências no sistema de drenagem urbana, por meio do cadastro da rede.

5. Fontes

Secretaria de Obras, órgão correlato ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

Proporção de canais e galerias com obstruções parciais ou totais por rede de esgotamento sanitário, abastecimento de água, gasoduto, oleoduto ou infovias, em relação à extensão de canal ou galeria de drenagem, no período considerado.

$$\frac{\textit{Quantidades de obstruções identificadas nos canais ou galerias}}{\textit{Extensão do canal ou galeria de dreangem}}$$

Apêndice A.6 – Inexistência ou inadequação de salubridade ambiental

I-26: Proporção de ruas sujeitas a inundações provocadas por drenagem inadequada

1. Conceituação

Proporção de ruas expostas a inundações devido a ineficiência do sistema de micro ou macrodrenagem, em relação ao total de ruas do em determinado espaço geográfico, no período considerado.

2. Interpretação

- ✓ Indica o grau de planejamento e integração dos sistemas de infra-estrutura urbana.
- ✓ Alta proporção de ruas inundadas indica que os órgãos responsáveis pela gestão da drenagem urbana, não têm tomado medidas eficazes de controle.
- ✓ Altas proporções favorecem a proliferação de doenças transmissíveis decorrentes de contaminação ambiental.

3. Usos

- ✓ Acompanhar a eliminação ou redução de ruas inundáveis, ao longo do tempo.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas, para adequação e funcionamento dos serviços de drenagem urbana.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas ao registro de ocorrências de inundações pelo órgão competente.

5. Fontes

Secretaria de Obras, órgão correlato ou Prefeitura Municipal.

6. Método de cálculo

$$\frac{\textit{Quantidade de ruas expostas a inundação provocada por drenagem inadequada}}{\textit{Total de ruas do município}} \times 100$$

I-27: Incidência de pessoas em contato com esgoto doméstico

1. Conceituação

Estimativa de residentes em contato com esgoto doméstico, a partir da quantidade de domicílios sem soluções individuais ou coleta de esgotamento sanitário, no período considerado.

2. Interpretação

- ✓ Alta incidência de pessoas em contato com esgotos domésticos, propicia o aumento de ocorrências de doenças infecciosas e de veiculação hídrica, potencializada quando da ocorrência de eventos de cheia.
- ✓ Mede a cobertura de serviços de esgotamento sanitário do município.

3. Usos

- ✓ Acompanhar a eliminação ou redução de residentes em contato com o esgoto doméstico, ao longo do tempo.

- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas, para adequação e funcionamento dos serviços de esgotamento sanitário integrado ao da drenagem urbana.
- ✓ Favorecer elementos para a análise de risco de surtos e epidemias de doenças infecciosas de veiculação hídrica.

4. Limitações

Imprecisões da base de dados utilizada para o cálculo do indicador, relacionadas ao registro de domicílios sem solução individual ou coleta de esgoto sanitário atualizados.

5. Fontes

Concessionárias de água e esgoto do Município ou Estado

6. Método de cálculo

$$\text{Domicílios sem solução individual ou coleta de esgoto sanitário} \times \frac{\text{média de residentes}}{\text{domicílio}} \times 100$$

I-28: Incidência de leptospirose

1. Conceituação

- ✓ Número absoluto de casos novos confirmados de leptospirose, na população residente em determinado espaço geográfico, no ano considerado (código A27 da CID-10).
- ✓ A definição de caso confirmado de leptospirose baseia-se em critérios⁵ adotados pelo Ministério da Saúde para orientar as ações de vigilância epidemiológica da doença em todo o País.

2. Interpretação

⁵ MS – Ministério da Saúde (1998). “Vigilância epidemiológica de doenças e agravos específicos: leptospirose”. In: *Guia de Vigilância Epidemiológica*. Fundação Nacional de Saúde, Brasília, 540-556.

- ✓ Indica a frequência anual de casos novos confirmados de leptospirose.
- ✓ A ocorrência de casos indica a persistência de fatores favoráveis à transmissão da *Leptospira interrogans* em especial a ineficácia ou inexistência do esgotamento sanitário e drenagem de águas pluviais e/ou a coleta de lixo.

3. Usos

- ✓ Analisar variações geográficas e temporais na distribuição dos casos confirmados de leptospirose, como parte do conjunto de ações de vigilância epidemiológica para prevenção e controle da doença.
- ✓ Subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas e ações em âmbito municipal direcionadas para o controle e manejo integrado de roedores e áreas alagadiças.

4. Limitações

- ✓ A qualidade dos dados depende das condições técnico-operacionais do sistema de vigilância epidemiológica, para detectar, notificar, investigar e realizar testes laboratoriais específicos para a confirmação diagnóstica de casos de leptospirose.
- ✓ A probabilidade de suspeita diagnóstica de leptospirose tende a reduzir-se quando a incidência da doença é muito baixa, podendo resultar em sub-notificação de casos.

5. Fontes

Ministério da Saúde/Cenepi: base de dados do Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica: boletins de notificação semanal e Sistema de Informações de Agravos de Notificação – Sinan (a partir de 1998).

6. Método de cálculo

Somatório anual do número de casos novos de leptospirose confirmados em residentes.