

48

Gestão da Drenagem Urbana

Carlos E. M. Tucci



NAÇÕES UNIDAS

CEPAL

ipea

TEXTOS PARA DISCUSSÃO CEPAL • IPEA

LC/BRS/R.274

48

Gestão da drenagem urbana

Carlos E. M. Tucci



NAÇÕES UNIDAS

CEPAL

ipea

© Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe – CEPAL, 2012

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2012

Tiragem: 250 exemplares

Tucci, Carlos E. M.

Gestão da drenagem urbana/Carlos E. M. Tucci. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). 50p.

ISSN: 2179-5495

1. Recursos hídricos – Brasil 2. Infraestrutura – Brasil 3. Saneamento - Brasil I. Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe. CEPAL II. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. IPEA III. Título

CDD: 333.9

Este trabalho foi realizado no âmbito do Acordo CEPAL-IPEA.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e de inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da CEPAL e do IPEA.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte.

A presente publicação encontra-se disponível para download em <http://www.cepal.org/brasil>

Sumário

| | |
|--|-----------|
| APRESENTAÇÃO | |
| INTRODUÇÃO | 7 |
| 1 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS URBANOS | 8 |
| 1.1 URBANIZAÇÃO | 8 |
| 1.2 IMPACTOS SOBRE AS ÁGUAS URBANAS..... | 9 |
| 1.3 GESTÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA E DA CIDADE | 9 |
| 1.4 GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS URBANAS | 11 |
| 1.5 HISTÓRICO DE DESENVOLVIMENTO DO SANEAMENTO | 13 |
| 2 ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS | 16 |
| 2.1 TIPOS DE INUNDAÇÕES | 16 |
| 2.2 POTENCIAIS CAUSAS DOS IMPACTOS | 17 |
| 2.3 GESTÃO ATUAL DOS IMPACTOS DA INUNDAÇÃO NO CENÁRIO BRASILEIRO | 17 |
| 2.3.1 Estrutura de gestão de inundações ribeirinhas | 18 |
| 2.3.2 Estrutura da drenagem urbana | 19 |
| 2.3.3 Cenário combinado de inundações ribeirinhas e drenagem urbana | 22 |
| 2.4 POLÍTICAS DE CONTROLE | 22 |
| 2.4.1 Medidas de controle | 22 |
| 2.4.2 Políticas de controle das inundações | 23 |
| 2.5 PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA | 26 |
| 3 GESTÃO INSTITUCIONAL DA DRENAGEM NA CIDADE | 28 |
| 3.1 CARACTERÍSTICAS DA ORGANIZAÇÃO INSTITUCIONAL | 28 |
| 3.2 REGULAÇÃO PARA CONTROLE DOS IMPACTOS | 30 |
| 3.2.1 Critérios | 30 |
| 3.2.2 Medidas associadas à regulação | 30 |
| 3.2.3 Política de regulação nas cidades de alguns países | 32 |
| 3.3 MODELOS DE FINANCIAMENTO DA DRENAGEM URBANA | 33 |
| 3.3.1 Modelo difuso | 33 |
| 3.3.2 Modelos de cobrança por serviço e melhoria | 35 |
| 3.3.3 Estrutura do modelo de serviços (<i>utility</i>) para gestão da drenagem | 36 |
| 3.3.4 Modelos de compensação | 39 |
| 3.4 PROPOSTA DE GESTÃO MUNICIPAL DA DRENAGEM URBANA | 40 |
| 3.4.1 Gestores | 41 |
| 3.4.2 Mecanismos de controle dos impactos | 41 |
| 3.4.3 Modelo integrado | 42 |
| CONCLUSÃO | 44 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 46 |

APRESENTAÇÃO

A Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal) e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) mantêm atividades conjuntas desde 1971, abrangendo vários aspectos do estudo do desenvolvimento econômico e social do Brasil, da América Latina e do Caribe. A partir de 2010, os Textos para Discussão Cepal- Ipea passaram a constituir instrumento de divulgação dos trabalhos realizados entre as duas instituições.

Os textos divulgados por meio desta série são parte do Programa de Trabalho acordado anualmente entre a Cepal e o Ipea. Foram publicados aqui os trabalhos considerados, após análise pelas diretorias de ambas as instituições, de maior relevância e qualidade, cujos resultados merecem divulgação mais ampla.

O Escritório da Cepal no Brasil e o Ipea acreditam que, ao difundir os resultados de suas atividades conjuntas, estão contribuindo para socializar o conhecimento nas diversas áreas cobertas por seus respectivos mandatos. Os textos publicados foram produzidos por técnicos das instituições, autores convidados e consultores externos, cujas recomendações de política não refletem necessariamente as posições institucionais da Cepal ou do Ipea.

GESTÃO DA DRENAGEM URBANA

Carlos E. M. Tucci*

INTRODUÇÃO

A gestão da drenagem urbana envolve o manejo do escoamento no tempo e no espaço, visando a minimizar danos à sociedade e ao ambiente. A visão moderna da gestão desenvolve a integração dos recursos hídricos na bacia hidrográfica e das águas urbanas (incluída a drenagem urbana). No primeiro item deste capítulo é apresentada essa vinculação, da mesma forma que caracteriza a relação entre os outros componentes das águas urbanas saneamento com a drenagem urbana. Uma das principais causas dos problemas atualmente existentes na gestão dos recursos hídricos é a falta de integração destes dois níveis gestão, ou seja, o externo à cidade (cidade-bacia) e o interno à cidade (serviços de saneamento e metas de sociedade).

Os tipos de inundações devido às águas pluviais são discutidos no segundo item deste capítulo, em que são destacados os potenciais impactos e os princípios e as medidas modernas de gestão da drenagem urbana, concluindo com o instrumento principal de gestão da drenagem urbana na cidade, que é o Plano Diretor de Drenagem Urbana. No terceiro item é destacado o modelo institucional para drenagem, caracterizando como o planejamento pode ser executado nas cidades. Nas conclusões que terminei o capítulo são resumidos os principais problemas e destacados os prejuízos econômicos e discutidos os elementos de uma potencial política nacional.

* Este texto serviu de insumo para o capítulo 14, de mesmo nome, do livro *Infraestrutura social e urbana no Brasil: subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas*, editado por Maria da Piedade Moraes e Marco Aurélio Costa e publicado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), em 2010. O livro encontra-se disponível para *download* em: <http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/livros/2010/livro06_infraestruturasocial_vol2.pdf>.

1

GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS URBANOS

Nos dois primeiros itens a seguir, são destacados a urbanização e os impactos sobre as águas urbanas. Na sequência são apresentados os aspectos institucionais da gestão da bacia e da cidade no Brasil, seguido da análise dos condicionantes de legislação de saneamento no Brasil que caracteriza o espaço da cidade no País. No item seguinte são apresentados os conceitos de gestão integrada das águas urbanas e, no final, um histórico de como tem sido este processo nos países desenvolvidos e nos em desenvolvimento, com destaque ao Brasil.

1.1 URBANIZAÇÃO

Os sistemas urbanos são primordialmente áreas de consumo e moradia e possuem diferentes dimensões ou integrações, como as áreas metropolitanas. Em 1900, 13% da população mundial era urbana, atualmente é de 50%, ocupando apenas 2,8% do território do globo. Em 2050, a população mundial urbana será de 70% do total e todo o crescimento populacional será em áreas urbanas (UN, 2009).

O crescimento urbano ocorrido nas últimas décadas transformou o Brasil em um País essencialmente urbano – 81,3% da população é urbana (IBGE, 2001). A densidade habitacional média do País é de 65 habitantes/ha (EMBRAPA, 2008), e a população urbana ocupa apenas 0,28% do território do País.

Os principais problemas relacionados ao uso do solo que resultam em impactos diretos sobre os recursos hídricos podem ser resumidos nos seguintes pontos:

- A expansão irregular sobre as áreas de mananciais¹ de abastecimento humano, comprometendo a sustentabilidade hídrica das cidades.
- A população de baixa renda tende a ocupar as áreas de risco de encostas e de áreas de inundações ribeirinhas, devido à falta de planejamento e fiscalização.
- Aumento da densidade habitacional, com conseqüente aumento da demanda de água e do aumento da carga de poluentes sem tratamento de esgoto, lançados nos rios próximos às cidades.
- O planejamento urbano tem levado a uma excessiva impermeabilização das áreas públicas; canalização dos rios urbanos que, posteriormente, são ainda cobertos por concretos e avenidas, produzindo inundações em diferentes locais da drenagem.

1 Manancial é a área de drenagem de uma fonte de abastecimento de água.

A urbanização tem produzido importante concentração da população em espaço reduzido, com grande competição pelos mesmos recursos naturais (solo e água), destruindo parte da biodiversidade natural. O meio formado pelo ambiente natural e pela população (socioeconômico urbano) é um ser vivo e dinâmico que gera um conjunto de efeitos interligados que, sem controle, pode levar a cidade ao caos.

1.2 IMPACTOS SOBRE AS ÁGUAS URBANAS

As consequências da falta de sustentabilidade da expansão urbana tem sido a perda de mananciais, a redução da cobertura de água segura para a população, o aumento da frequência de inundação, a deteriorização da qualidade da água nos rios e a perda de qualidade de vida da população. As principais causas são:

- Contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos com os efluentes urbanos, como, por exemplo, o esgoto sanitário, pluvial² e os resíduos sólidos.
- Disposição inadequada dos esgotos sanitários, pluviais e resíduos sólidos nas cidades.
- Inundações nas áreas urbanas devido à impermeabilização das superfícies urbanas e canalização do escoamento pluvial.
- Erosão e sedimentação gerando áreas degradadas.
- Ocupação de áreas ribeirinhas, com risco de inundações e de áreas de grandes inclinações, como, por exemplo, morros urbanos, sujeitos a deslizamento após período chuvoso.

1.3 GESTÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA E DA CIDADE

A cidade é um dos usuários dos recursos hídricos na bacia hidrográfica, retirando água para abastecimento e lançando seus efluentes. Os impactos exportados pela cidade para o sistema de rios da bacia hidrográfica – como enchentes e contaminação dos efluentes a jusante nos corpos hídricos, por exemplo, rios, lagos e reservatórios – são resultantes das ações dentro da cidade, que são transferidas para o restante da bacia. Para seu controle podem ser estabelecidos padrões a serem atingidos, regulados por legislação ambiental e de recursos hídricos em nível federal ou estadual.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) estabelece na Resolução nº 357/2005 os critérios de enquadramento dos rios como metas de qualidade da água, enquanto a Lei de Recursos Hídricos,³ artigo 12,

² A contaminação pluvial ocorre pela contaminação da água de chuva por partículas no ar e no solo que o escoamento absorve no seu caminho até o rio.

³ Lei Federal de Recursos Hídricos nº 9.433, de janeiro de 1997.

estabelece que todas as ações que alteram a qualidade e a quantidade da água estão sujeitos à outorga. Ainda, na regulação de recursos hídricos, está previsto que o comitê de bacia deve estabelecer o enquadramento dos trechos de rios de acordo com os preceitos da resolução do Conama. A Lei de Saneamento⁴ define que a gestão das cidades deve atender aos preceitos da lei de recursos hídricos no seu Plano de Saneamento Básico. O artigo 4º estabelece que os recursos hídricos não integram os serviços públicos de saneamento básico, mas “a utilização de recursos líquidos, é sujeita a outorga de direito de uso, nos termos da lei de recursos hídricos de seus regulamentos e das legislações estaduais” (parágrafo único).

Os impactos gerados na cidade (citados no item 1.2) são disseminados dentro dela, atingindo a própria população. A gestão desse controle é estabelecida por medidas desenvolvidas dentro da cidade por meio de legislação municipal ou distrital e ações estruturais específicas. Dessa forma, cabe ao município a gestão nesse espaço.

A gestão das ações dentro do ambiente urbano pode ser definida de acordo com a relação de dependência da água por meio da bacia hidrográfica ou da jurisdição administrativa da cidade, do estado ou da nação. A tendência da gestão dos recursos hídricos tem sido realizada por meio da bacia hidrográfica, no entanto a gestão do uso do solo é realizada pelo município ou grupo de municípios em uma região metropolitana. A gestão pode ser realizada de acordo com a definição do espaço geográfico externo e interno à cidade.

O plano da bacia hidrográfica tem sido desenvolvido para bacias grandes⁵ (> 1.000 km²). Nesse cenário, existem várias cidades que interferem umas nas outras transferindo impactos. O plano da bacia dificilmente poderá envolver todas as medidas em cada cidade, mas devem estabelecer os condicionantes *externos* às cidades, como a qualidade de seus efluentes, as alterações de sua quantidade para evitar a transferência de impactos.

A gestão do ambiente interno da cidade trata de ações dentro da cidade para atender aos condicionantes *externos* previstos no plano de bacia. Estes condicionantes geralmente buscam o uso racional dos recursos hídricos e o controle dos efluentes devido ao esgotamento sanitário e da drenagem urbana. No quadro 1 são apresentados os elementos de gestão destes dois espaços.

A Lei Federal nº 445/2007 estabeleceu as diretrizes básicas para o saneamento básico no Brasil. Neste instrumento foi previsto a elaboração do Plano de Saneamento Básico. Os serviços públicos de saneamento básico foram definidos no artigo 2º como sendo:

- **Abastecimento de água potável:** desde as captações até as ligações prediais.
- **Esgotamento sanitário:** da coleta, tratamento e disposição dos esgotos sanitários.
- **Limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos:** coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza das vias públicas.

4 Lei Federal nº 445, que estabelece os serviços de saneamento, de janeiro de 2007.

5 No Brasil existem planos desenvolvidos em âmbito nacional pela Agência Nacional de Águas (ANA) e nos estados pelas entidades de gestão estadual.

- **Drenagem e manejo de águas pluviais:** transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas de áreas urbanas.

Quadro 1: Espaço de gestão das águas urbanas

| Espaço | Domínio ou titularidade | Gestores | Instrumento | Característica |
|---------------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------|---|
| Bacia hidrográfica ¹ | Estado ou governo federal. | Comitê e agências. | Plano de Bacia. | Gestão da quantidade e qualidade da água nos rios da bacia hidrográfica, sem transferirem impactos. |
| Município ² | Município. | Município. | Plano de Saneamento Básico. | Gestão dos serviços de água dentro da cidade e controle dos impactos para jusante na bacia. |

Fonte: adaptado de Tucci (2007).

Nota: ¹ bacias de grande porte (> 1000 km²).

² área de abrangência da cidade e suas pequenas sub-bacias de macrodrenagem (< 50 km²). Os valores de áreas são indicativos e podem se alterar para cidades de grande porte.

A legislação específica que o desenvolvimento do plano é de responsabilidade do titular dos serviços, no caso o município. Também define que as condições de validade dos contratos de concessão estão sujeito à existência do plano e estabelece quatro anos para sua revisão. Ressalta-se que a legislação foi aprovada em 2007 (Lei nº 445/2007), e até 2011 os planos devem ser revisados ou elaborados. Também foi previsto que os planos podem ser desenvolvidos de forma independente,⁶ mas a consolidação é de responsabilidade dos titulares e devem ser compatibilizados com os planos de bacias no qual as cidades estão inseridas.

1.4 GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS URBANAS

A estrutura da gestão das águas urbanas baseia-se nos seguintes grupos de componentes (figura 1):

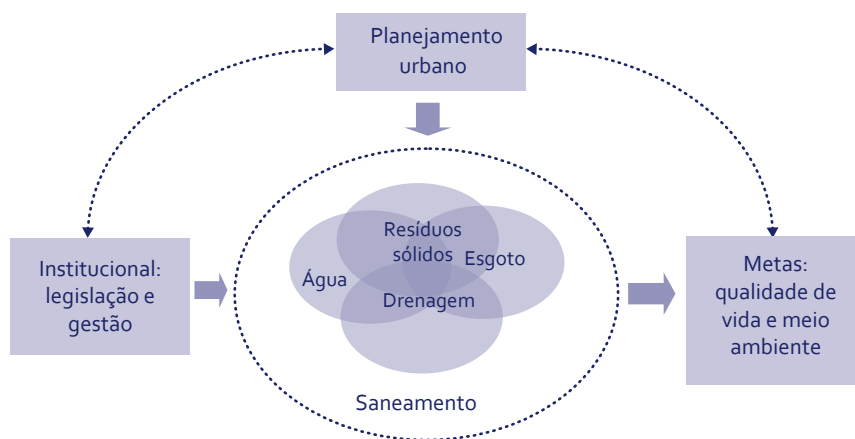
- **Planejamento urbano:** disciplina o uso do solo da cidade com base nas necessidades dos seus componentes de infraestrutura.
- **Serviços de saneamento:** abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana.
- **Metas dos serviços:** conservação do meio ambiente urbano e qualidade de vida, no qual estão incluídas a redução de cheias e a eliminação de doenças de veiculação hídrica.
- **Institucional:** baseia-se no gerenciamento de serviços, legislação, capacitação e monitoramento de forma geral.

⁶ O plano de cada aspecto de saneamento, abastecimento de água, esgoto, drenagem e resíduos sólidos pode ser desenvolvidos de forma independente ou integrados. No primeiro caso devem ser integrados no Plano de Saneamento Básico da cidade.

O planejamento urbano define os espaços e a densidade de ocupação que se reflete na demanda de água, na produção de esgoto, na geração de resíduos sólidos e impermeabilização do solo que afeta a gestão da drenagem urbana. Portanto, o uso do solo é o agente potencial que pode afetar os serviços se não tiver uma integração com os outros componentes. Estes fatores podem ser sustentáveis se o Plano Diretor de Uso do Solo contemplar a infraestrutura de saneamento de forma a conservar a água e a eficiência do seu uso e mitigar seus impactos. A gestão institucional envolve legislações e entidades que permitam fornecer os serviços adequados e atingir as metas. Todos os componentes da estrutura de gestão devem buscar as metas finais de sociedade que são a melhoria da qualidade de vida da população e a conservação ambiental, dando à cidade uma visão de futuro sustentável. Portanto, o planejamento urbano e a gestão institucional são essenciais para que os serviços busquem as metas finais.

A figura 2 detalha alguns componentes da figura 1, destacando-se o planejamento do uso do solo e os serviços de saneamento. Nos itens a seguir são caracterizados cada um dos principais sistemas e suas inter-relações com os demais.

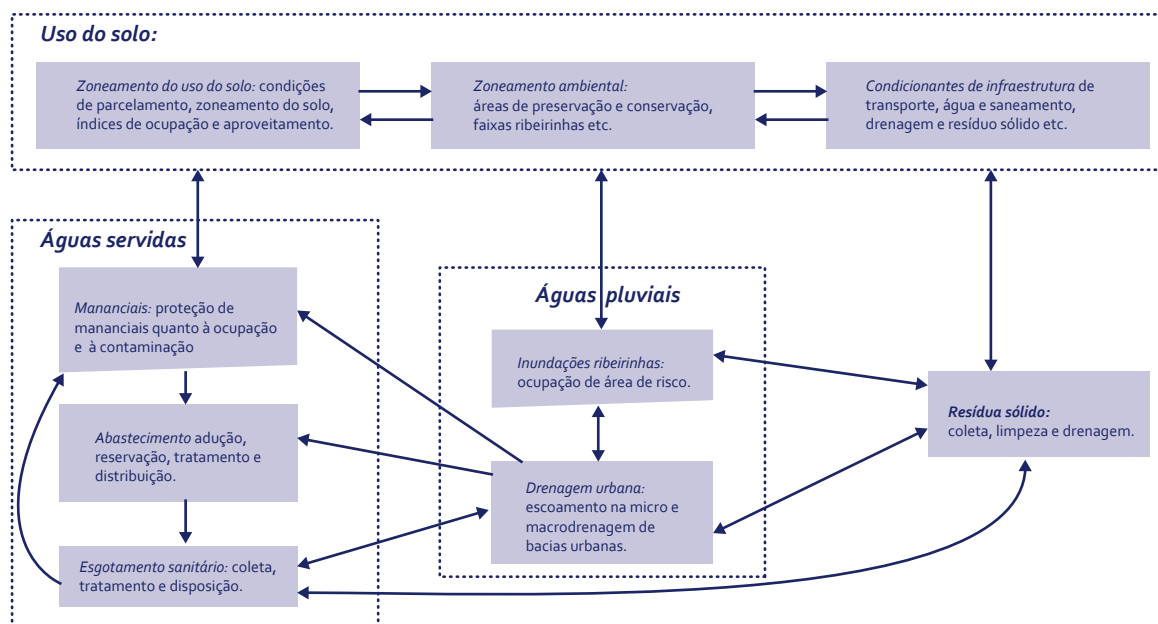
Figura 1: Concepção estratégica da gestão integrada das águas urbanas



Fonte: adaptado de Tucci (2009).

- **Uso do solo:** trata do planejamento urbano que define a demanda pelos serviços em função dos usuários pela densidade habitacional, o uso de áreas impermeáveis públicas e privadas, as áreas verdes e de conservação e as outras infraestruturas que, de alguma forma, demandam os recursos hídricos.
- **Abastecimento urbano (águas servidas):** as principais interfaces com os outros sistemas são: (a) os esgotos sanitário e pluvial contaminam os mananciais superficiais e subterrâneos; (b) depósito de resíduos sólidos, como aterros, podem contaminar as áreas de mananciais; (c) inundações podem deixar sem funcionamento o sistema de abastecimento e destruir a infraestrutura das redes pluvial e sanitária, além da estação de tratamento de esgoto (ETEs).

Figura 2: Relações entre os sistemas das águas urbanas



Fonte: Tucci (2005).

- **Esgoto sanitário e drenagem urbana:** as principais inter-relações são: (a) quando o sistema é misto, o sistema de transporte é o mesmo, com comportamento diverso nos períodos sem e com chuva, a sua gestão deve ser integrada; (b) quando o sistema é separador, existem interferências de gestão e construtivas devido à ligação de esgoto sanitário na rede de drenagem e águas pluviais no sistema de esgoto, produzindo ineficiências de funcionamento.
- **Drenagem urbana, resíduo sólido e esgotamento sanitário:** à medida que o sistema de coleta e limpeza dos resíduos é ineficiente, ocorre grande prejuízo para o sistema de escoamento pluvial devido à obstrução de condutos, canais e riachos urbano; (b) erosão urbana modifica o sistema de drenagem e pode destruir o sistema de esgotamento sanitário.
- **Inundações ribeirinhas:** envolve a ocupação do solo em áreas de risco, e o planejamento urbano deve procurar mitigar esse impacto pelo planejamento preventivo desses espaços.

1.5 HISTÓRICO DE DESENVOLVIMENTO DO SANEAMENTO

Inicialmente, a sociedade agrícola era formada de pequenos grupos ou núcleos que convergiram para as cidades atuais. Até o século XX, o desafio das cidades era evitar a proliferação de doenças, devido principalmente às condições sanitárias dos efluentes da própria população que contaminava suas fontes de abastecimento, criando condições ideais de proliferação de doenças infecciosas.

O abastecimento de água de fontes seguras e a coleta de esgoto, com despejo a jusante (sem tratamento) do manancial da cidade, tiveram como finalidade evitar doenças e seus efeitos, mas acabou transferindo os impactos para outras comunidades a jusante dos despejos. Esta é a denominada fase *higienista* do início do século XX. O crescimento urbano no referido século se acelerou e, principalmente depois da Segunda Guerra Mundial, ocorreu um *boom* de crescimento populacional, chamado de *baby boomer*. Este processo foi seguido da urbanização acelerada, levando alta parcela da população para as cidades nos países desenvolvidos, como Estados Unidos da América (EUA) e parte da Europa, resultando novamente em colapso do ambiente urbano devido agora aos efluentes sem tratamento e poluição aérea, já que sempre haverá uma cidade a montante⁷ e outra a jusante⁸ para contaminar a água. Isto tem sido identificado como o ciclo de contaminação.

Para controle desse impacto, no início da década de 1970 houve um marco importante com a aprovação do *Clean Water Act* (Lei de Água Limpa) nos EUA. Esta legislação definiu que todos os efluentes deveriam ser tratados com a melhor tecnologia disponível para recuperação e conservação dos rios. Foram realizados investimentos maciços em tratamento de esgoto doméstico e industrial, recuperando em parte a qualidade da água dos sistemas hídricos (rios, lagos, reservatórios e costeiro). Isto permitiu melhorar as condições ambientais, evitar a proliferação de doenças e a deteriorização de fontes de abastecimento. Nessa mesma época, verificou-se que era insustentável continuar a construção de obras de drenagem que aumentassem o escoamento devido à urbanização, como a canalização de rios naturais. Procurou-se revisar os procedimentos e utilizar sistemas de amortecimento em detrimento de canalização. Esta tem sido denominada fase *corretiva* das águas urbanas.

Apesar dessas ações, verificou-se que persistia uma parte da poluição devido às inundações urbanas e rurais, chamadas de poluição de fontes difusas. Desde os anos 1990, estes países têm investido no desenvolvimento de uma política de desenvolvimento sustentável urbano baseado no tratamento das águas pluviais urbanas e rurais, conservação do escoamento pluvial e tratamento dos efluentes em âmbito terciário para retirada de nitrogênio e fósforo que eutrofizam os lagos. A base desse desenvolvimento no uso do solo é a urbanização preservando os caminhos naturais do escoamento e priorizando a infiltração. Essa fase tem sido denominada de *desenvolvimento sustentável* (quadro 2).

Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, as cidades variam de estágio. Inicialmente, quando a população é pequena, o abastecimento é realizado de poços ou de um corpo d'água próximo e o esgoto é despejado na drenagem (quando existe) ou lançado em poços negros ou fossas sépticas. Nessa situação, existe o risco de a água de abastecimento ser contaminada pelo próprio esgoto. Este cenário é dramático quando o solo tem baixa capacidade de infiltração, as fossas não funcionam e o esgoto escoar por ruas ou drenagem. Este estágio é anterior ao higienismo, o que provoca a proliferação de doenças transmitidas pela água. Nesse estágio pré-higienista, doenças como diarreia são a principal causa de mortalidade infantil.

⁷ Montante é a parte do escoamento que se encontra antes, em termos de fluxo, do local de referência.

⁸ Jusante é a parte do escoamento que se encontra depois, em termos de fluxo, do local de referência.

Quadro 2: Fases do desenvolvimento das águas urbanas

| Fase | Características | Consequências |
|---|---|--|
| <i>Pré-higienista</i> : até início do século XX | Esgoto em fossas ou na drenagem, sem coleta ou tratamento e água da fonte mais próxima, poço ou rio. | Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações. |
| <i>Higienista</i> : antes da década de 1970 | Transporte de esgoto distante das pessoas e canalização do escoamento. | Redução das doenças, mas rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações. |
| <i>Corretiva</i> : entre as décadas de 1970 e 1990 | Tratamento de esgoto doméstico e industrial, amortecimento do escoamento. | Recuperação dos rios, restando a poluição difusa, obras hidráulicas e impacto ambiental. |
| <i>Desenvolvimento sustentável</i> : depois da década de 1990 | Tratamento terciário e do escoamento pluvial, novos desenvolvimentos que preservam o sistema natural. | Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria da qualidade de vida. |

Fonte: Tucci (2007).

Nos países em desenvolvimento ocorreram dois cenários quando da saída do pré-higienismo para o higienismo:

- Algumas cidades construíram rede de esgoto, mas evitaram a rede de drenagem (parte de algumas cidades da América do Sul, como Santiago, Barranquilha, entre outras). Como resultado desse cenário, a poluição doméstica foi reduzida, mas as inundações passaram a ser um problema frequente.
- Em grande parte do Brasil, o cenário tem sido de construção de drenagem sem a rede de esgoto doméstico, fazendo que a poluição doméstica e industrial contamine as fontes de água. Apesar de existir rede de águas pluviais, os problemas foram agravados em virtude do aumento do escoamento devido à urbanização. Isto tem levado a uma redução de qualidade de vida, a um comprometimento da saúde e a um aumento de risco para a população.

A fase pré-higienista é encontrada em pequenas comunidades e nas áreas de favelas ou de ocupação irregular ou cidades onde o investimento em saneamento é muito deficiente. A fase higienista é encontrada em grande parte das cidades brasileiras. Um número reduzido de cidades, por exemplo, Porto Alegre, Brasília, Campo Grande e São Paulo, está entre a fase higienista e a corretiva.

2

ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

As águas pluviais⁹ urbanas são drenadas pelo ravinamento,¹⁰ canais naturais e sistema construído de condutos e canais. Este sistema pode ter várias dimensões, desde um pequeno córrego,¹¹ que drena uma pequena bacia de alguns hectares, até um rio, como o Amazonas, que drena uma bacia de milhões de km². O principal impacto sobre a sociedade ocorre quando o escoamento sai do seu leito e atinge as áreas laterais, produzindo inundação.

No item seguinte são destacados os tipos de inundações, seguido das políticas de gestão adotadas no país para cada tipo de inundação, que possuem causas e impactos diferenciados. Nos itens seguintes são apresentadas as políticas sustentáveis, concluindo com o instrumento principal de gestão da drenagem, que é o Plano Diretor de Águas Pluviais.

2.1

TIPOS DE INUNDAÇÕES

As águas pluviais podem gerar inundações na bacia hidrográfica devido ao excesso de chuva que não consegue ser drenado, inundando a várzea de acordo com a topografia das áreas próximas aos rios. Estes eventos ocorrem de forma aleatória em função dos processos climáticos locais e regionais. Este tipo de inundação é denominado de *inundação ribeirinha*.

À medida que a população impermeabiliza o solo e acelera o escoamento por meio de condutos e canais, a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta, produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pelo ravinamento natural. Esta inundação é *devido à urbanização ou à drenagem urbana*.

Estes dois efeitos podem ocorrer isoladamente ou combinados, mas geralmente as inundações ribeirinhas ocorrem em bacias de grande médio e porte (> 500 km²) no seu trecho onde a declividade é baixa e a seção de escoamento é pequena, enquanto as inundações na drenagem urbana ocorrem em pequenas bacias urbanizadas (1 - 100 km² – exceção: grandes cidades, como São Paulo).

9 Água pluvial é o escoamento resultante do excedente de água devido à precipitação que se acumula na superfície do solo.

10 Ravinamento é o caminho no qual se concentra o escoamento na superfície de bacias naturais.

11 Córrego, arroio, ribeirão, igarapé, entre outros, são denominações utilizadas para pequenos canais de escoamento de pequenas bacias hidrográficas.

2.2 POTENCIAIS CAUSAS DOS IMPACTOS

Áreas ribeirinhas

A população de maior poder aquisitivo tende a habitar os locais seguros ao contrário da população carente que ocupa as áreas de alto risco de inundação, provocando problemas sociais que se repetem por ocasião de cada cheia na região. Quando a frequência das inundações é baixa, a população ganha confiança e despreza o risco, aumentando significativamente o investimento e a densificação nas áreas inundáveis. Nessa situação, a enchente assume características catastróficas.

Drenagem urbana

A urbanização tende a impermeabilizar o solo e acelerar o escoamento por condutos e canais. Este processo produz: (a) aumento da vazão máxima e sua frequência das inundações; (b) aumento da velocidade do escoamento, resultando em erosão do solo e produção de sedimentos para o sistema de drenagem; (c) aumento dos resíduos sólidos que escoam para o sistema de condutos. Os sólidos produzem entupimento e reduzem a capacidade de escoamento de condutos e canais, produzindo maiores inundações; e (d) deteriorização da qualidade da água pluvial devido à lavagem das superfícies urbanas.

Este conjunto de impactos mostra a falta de sustentabilidade do modelo de urbanização atual de concentração urbana, com ocupação de todos os espaços com superfícies impermeáveis. Este problema é agravado pelo limitado serviço de esgotamento sanitário e resíduos sólidos que transforma os rios em áreas degradadas.

A reação da população é de solicitar canalização próxima à sua casa e recobrimento dos canais para evitar a área degradada. Essa solução transfere para os vizinhos, rio abaixo a inundação e nos próximos anos a inundação retorna, quando o canal ou conduto estiver entupido.

2.3 GESTÃO ATUAL DOS IMPACTOS DA INUNDAÇÃO NO CENÁRIO BRASILEIRO

Em algumas cidades ou regiões metropolitanas, os dois cenários de inundação podem ocorrer na mesma bacia. Devido às divisões disciplinares na sociedade organizada, esses dois ambientes têm sido tratados por profissionais de diferentes formações e entendimento da bacia hidrográfica e seus efeitos e geridos por entidades em diferentes níveis. A seguir é apresentado um resumo do cenário institucional atual no Brasil da gestão das águas pluviais considerando os dois tipos de cenários.

A legislação brasileira não distingue as inundações ribeirinhas devido à urbanização e observa-se um conjunto de elementos legais relacionados com o termo de inundação sem que a distinção seja realizada. Observa-se que as inundações ribeirinhas possuem maior intervenção federal em associação com os municípios e os problemas de inundações na drenagem urbana ficam dentro da atribuição apenas do município. A seguir são analisados os principais elementos institucionais nesses dois ambientes.

2.3.1 Estrutura de gestão de inundações ribeirinhas

O texto a seguir neste item é reproduzido de Tucci (2007). A Constituição Federal de 1988, no título III, capítulo II, artigo 21, estabelece que “compete à União” e, no inciso XVIII, “planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e inundações”.

Até 1990, o extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (Dnos), em âmbito federal, atendia parte desses problemas com obras de barragens, canalização e diques de proteção contra inundações como pode ser observado em diferentes cidades brasileiras (Porto Alegre, Teresina, Bacia do Rio Itajaí-Açu etc.). Com o fechamento dessa instituição, a Secretaria de Desenvolvimento Regional ficou com limitados recursos humanos e financeiros para apoiar as cidades nesse contexto. As atribuições relativas a enchentes e secas da Secretaria de Desenvolvimento Regional, após várias reformas administrativas nos anos 1990, passaram à responsabilidade do Ministério da Integração Nacional (MI), que coordena o Sistema Nacional de Defesa Civil.

Foi a Lei nº 9.433, de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh), e que regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal. Entre os vários fundamentos contidos nessa lei, pode-se destacar para as enchentes que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Singreh. A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades. Entre os objetivos está a preservação e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem *natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais*. Entre as diretrizes que podem ter maior efeito no combate às enchentes, destacam-se a integração e a articulação da gestão de recursos hídricos com: a gestão ambiental, os planejamentos regional, estadual e nacional e de uso do solo. Como instrumentos básicos, destacam-se os planos de recursos hídricos.

Em 2000, pela Lei nº 9.984, que cria a Agência Nacional de Águas (ANA), é a ela atribuída, no artigo 4º, item X, a função de “planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos Estados e Municípios”.

De acordo com esse quadro institucional, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, no que se refere à prevenção e ao controle de cheias, sobrepõe-se, mas não se opõe à estrutura administrativa existente. A lei mantém as competências dos organismos existentes e potencializa sua atuação, envolvendo basicamente a Agência Nacional de Águas e o Ministério da Integração Nacional e dois importantes apoios, a saber, a Secretaria de Obras deste ministério e o Sistema Nacional de Defesa Civil, principalmente a sua articulação e aproximação com estados e municípios. O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, ao promover uma descentralização da gestão para a esfera local da bacia hidrográfica, procura efetivar uma parceria do poder público com a sociedade civil organizada. O poder decisório passa a ser compartilhado nos comitês de bacia hidrográfica e nos conselhos de recursos hídricos (nacional ou estaduais). Está prevista também a viabilidade financeira, ao destinar parte dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso da água ao custeio dos organismos que integram o sistema e para o financiamento das intervenções identificadas pelo processo de planejamento.

Apesar da melhora institucional, talvez por ser muito recente, verifica-se que, atualmente, as administrações estaduais, em geral, não estão preparadas técnica e financeiramente para planejar e controlar os impactos das enchentes, já que os recursos hídricos ainda são normalmente tratados de forma setORIZADA (energia elétrica, abastecimento urbano e tratamento de esgoto, irrigação e navegação), sem que haja maior interação na administração e no seu controle. A regulamentação do impacto ambiental envolve o controle da ação do homem sobre o meio ambiente, mas não tem sido eficientes nas ações de prevenção e controle de enchentes.

Na esfera municipal, as prefeituras foram pressionadas a estabelecerem planos diretores urbanos. A Lei nº 10.257/2000 (Estatuto da Cidade) estabelece prazo aos municípios para elaboração destes planos que, na sua quase totalidade, não contemplam os aspectos de prevenção contra a ocupação dos espaços de risco de enchentes. Observa-se que os planos diretores já tratam de aspectos de preservação ambiental do espaço, disseminados pela divulgação da proteção ambiental, mas, por falta de conhecimento e orientação, *não se observa nenhum dispositivo de prevenção da ocupação das áreas de risco de enchentes.*

2.3.2 Estrutura da drenagem urbana

As ações principais das obras de drenagem atuais são de canalizar e cobrir os canais, apenas transferindo os problemas. Cruz e Tucci (2007) analisaram a drenagem de Porto Alegre existente e mostraram que o custo do controle futuro dos impactos é três vezes superior que a gestão preventiva na drenagem urbana.

As fragilidades da gestão atual da drenagem atual no País são as seguintes:

- **Gestão municipal:** na maioria dos municípios não existe um prestador de serviço, apenas pessoas isoladas que atuam no assunto, geralmente na secretaria de obras (baseado na experiência do autor). Por exemplo,

as cidades que possuem serviço de drenagem urbana são: Porto Alegre com o Departamento de Esgoto Pluviais (DEP) e Santo André com a Samasa, que integra, além de drenagem urbana, os outros serviços de saneamento. Na grande maioria das cidades não existe um entendimento dos impactos mencionados no item anterior, desenvolvendo projetos de canalização que acabam aumentando os problemas existentes.

- **Gestão federal:** a nível federal, a gestão é de apoio aos municípios na forma de financiamento de obras de drenagem. Isto é realizado por meio dos Ministérios da Cidade e da Integração. No âmbito do Ministério do Meio Ambiente (MMA), existe a gestão de recursos hídricos das bacias hidrográficas federais em que a Secretaria de Recursos Hídricos e a Agência Nacional de Águas atuam em política.
- **Limitações profissionais:** a drenagem urbana sempre foi vista como uma ação marginal no saneamento. Geralmente o profissional que atua em saneamento trata da microdrenagem com a filosofia de drenar a água pluvial o mais rápido possível até encontrar a macrodrenagem urbana que pode ser um riacho, um conduto ou um canal. Enquanto as cidades eram pequenas, esse tipo de gestão não era um problema, pois o excesso gerado inundava superfícies rurais a jusante. Com a urbanização acelerada depois dos anos 1970, os problemas de inundação na drenagem urbana começaram a aparecer e os municípios não possuíam capacidade técnica para resolver (ainda não possuem) esse problema. A prática da microdrenagem passou a ser aplicada também para a macrodrenagem com efeito destrutivo e economicamente insustentável, já que a vazão para transportar o mais rapidamente possível as águas pluviais aumentou de forma significativa e a distância também. Infelizmente os engenheiros não se atualizaram e não compreenderam o problema no seu conjunto. A própria universidade preparou toda uma geração de profissionais com conceitos errados sobre drenagem. Somente recentemente esse panorama está sendo modificado, mas ainda existe uma geração de profissionais desatualizada que continua praticando e ensinando os conceitos inadequados de drenagem urbana, com isso agravando ainda mais os problemas nas cidades. Todo esse problema reflete-se na gestão despreparada do município em preparar projetos e demandas no setor, além de investimentos sem sustentabilidade
- **Inadequada legislação do uso do solo:** a legislação sobre o uso do solo, que pode ter efeito sobre enchentes urbanas, é municipal. Porém, os estados e a União podem estabelecer normas para o disciplinamento do uso do solo visando à proteção ambiental, ao controle da poluição, à saúde pública e à 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 e Federação. A tendência é de os municípios introduzirem diretrizes de macrozoneamento urbano nos planos diretores urbanos, incentivados pelos estados. Observa-se que no zoneamento relativo ao uso do solo não são contemplados pelos municípios os aspectos de drenagem e inundações. Além disso, as legislações são restritivas, como a de proteção de mananciais e a de ocupação de áreas ambientais, sem permitir alternativas ao proprietário da terra, gerando em realidade um confisco. Este tipo de legislação somente produz reações negativas e desobediência, incentivando o loteamento irregular. O que falta ao sistema é a inteligência de gerar mecanismos econômicos de sustentabilidade juntamente com as medidas de comando e controle.
- **Licenciamento ambiental:** é surpreendente verificar que os projetos de drenagem urbana, apesar do seu efeito destrutivo, na sua maioria, não possuem licenciamento ambiental. Isto se deve principalmente pela falta de conhecimento nas entidades de meio ambiente.

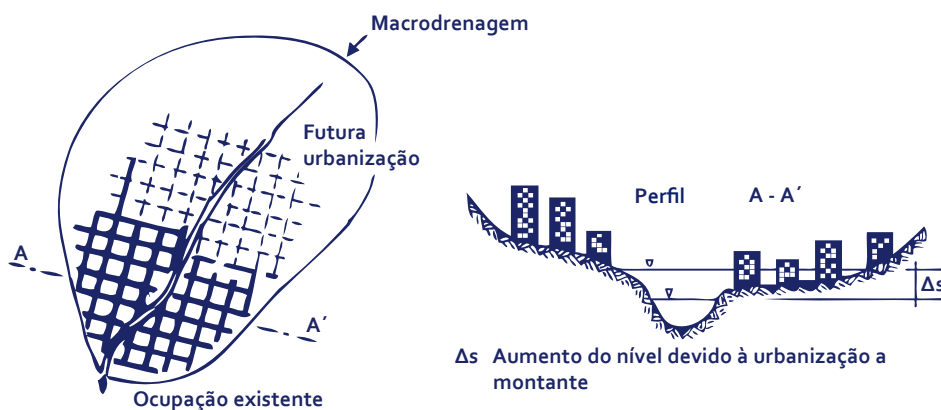
Processos resultantes da gestão

A tendência da urbanização é de ocorrer no sentido de jusante para montante, na macrodrenagem urbana, devido às características de relevo. Quando um loteamento é projetado, os municípios exigem apenas que o projeto de esgotos pluviais seja eficiente no sentido de drenar a água do loteamento. Quando o poder público não controla essa urbanização ou não amplia a capacidade da macrodrenagem, a ocorrência das enchentes aumenta, com perdas sociais e econômicas. Normalmente, o impacto do aumento da vazão máxima sobre o restante da bacia não é avaliado pelo projetista ou exigido pelo município. A combinação do impacto dos diferentes loteamentos produz aumento da ocorrência de enchentes a jusante. Esse processo ocorre pela sobrecarga da drenagem secundária (condutos) sobre a macrodrenagem (riachos e canais) que atravessa as cidades. As áreas mais afetadas, devido à construção das novas habitações a montante, são as mais antigas, localizadas a jusante (figura 3).

Para buscar resolver esses problemas, os municípios passam a canalizar a macrodrenagem. Geralmente ocorre a seguinte sequência:

- **Estágio 1:** a bacia começa a ser urbanizada de forma distribuída, com maior densificação a jusante, aparecendo, no leito natural, os locais de inundação devido a estrangulamentos naturais ao longo do seu curso e ao efeito de urbanização de montante.
- **Estágio 2:** as primeiras canalizações são executadas a jusante, com base na urbanização atual; com isso, o hidrograma a jusante (vazões máximas) aumenta, mas é ainda contido pelas áreas que inundam a montante e porque a bacia não está totalmente densificada.

Figura 3: Tendência da ocupação e impacto



Fonte: Tucci (2007).

- **Estágio 3:** com a maior densificação, a pressão pública faz que os administradores continuem o processo de canalização para montante. Quando o processo se completa, ou mesmo antes, as inundações retornam a jusante, devido ao aumento da vazão máxima, quando esta não tem mais condições de ser ampliada. As áreas de montante funcionavam como reservatórios de amortecimento. Nesse estágio, a canalização simplesmente *transfere a inundação totalmente para jusante*. Já não existem espaços laterais para ampliar

os canais a jusante, e as soluções convergem para o aprofundamento do canal, com custos extremamente altos (podendo chegar a US\$ 50 milhões/km, dependendo do subsolo, da largura, do revestimento etc.).

As consequências dessa falta de planejamento e regulamentação são sentidas em, praticamente, todas as cidades de médio e grande porte do País. Depois que o espaço está todo ocupado, as soluções disponíveis são extremamente caras, tais como canalizações, diques com bombeamentos, reversões e barragens, entre outras. O poder público passa a investir uma parte significativa do seu orçamento para proteger uma parcela da cidade que sofre devido à imprevidência da ocupação do solo.

2.3.3

Cenário combinado de inundações ribeirinhas e drenagem urbana

Algumas cidades brasileiras apresentam impactos combinados de inundações ribeirinhas e drenagem urbana. O exemplo típico ocorre da seguinte forma: no primeiro estágio, a cidade se localiza junto a um rio onde ocorrem inundações ribeirinhas, a população não ocupa a várzea já que escolheu a parte mais alta da cidade (população ainda pequena), mas com a valorização dos imóveis e o crescimento urbano são exercidas pressões para ocupação da várzea de inundação. O poder público constrói um canal na área urbana para conter a inundação atual. Com isto, a população se move para a várzea de inundação e ocupa o espaço até as margens do rio. Com a urbanização para montante, ocorre o aumento das vazões e o canal construído não possui mais capacidade para transportar o volume gerado para bacia nos mesmos riscos de inundações. Nessa fase, não existem mais espaços para ampliar a capacidade do canal, apenas escavando, o que envolve custos extremamente altos, pois é necessário canalizar o rio por trechos longos. Este cenário ocorreu em São Paulo no Rio Tietê, tendia a ocorrer em Curitiba e na maioria das cidades próximas a um rio de grande porte que se expande na sub-bacia.

2.4

POLÍTICAS DE CONTROLE

As políticas de controle dos impactos das águas pluviais são apresentadas inicialmente destacando os dois tipos principais de medidas disponíveis e como podem ser aplicadas, com alguns exemplos.

2.4.1

Medidas de controle

As medidas de controle de inundações são classificadas em medidas não estruturais e medidas estruturais. As medidas *não estruturais* utilizam os mecanismos legais, a prevenção por meio de alerta, seguros e capacitação da população e profissionais. Estas medidas tratam de prevenir ou conviver com as inundações.

As medidas estruturais utilizam-se de obras que permitam evitar que as inundações ocorram, como diques, barragens, canalizações, entre outras. Estas medidas exigem maior investimento e geralmente não são viáveis economicamente.

Nas áreas *ribeirinhas*, os custos das medidas estruturais são muito altos, as medidas não estruturais são as mais utilizadas.

Na drenagem urbana existem dois cenários fundamentais: (a) para áreas ainda não construídas são usadas medidas não estruturais, como a legislação, a fiscalização, o controle e os mecanismos de incentivos econômicos; (b) para as áreas já construídas são utilizadas medidas estruturais que priorizam o amortecimento do escoamento na fonte ou na macrodrenagem.

Na drenagem urbana, as medidas sustentáveis de controle tratam de reter o escoamento na fonte, no loteamento ou na macrodrenagem por meio de infiltração ou armazenamento. Dessa forma, evita-se a transferência para jusante dos impactos. Para que essas medidas sejam adotadas, são necessárias legislações municipais que contenham o aumento do escoamento. Esta é uma prática que os países desenvolvidos implementaram desde os anos 1970 e a literatura internacional apresenta grande número de práticas sustentáveis sobre o assunto (ver item 3).

2.4.2 Políticas de controle das inundações

As experiências de controle da gestão de inundações urbanas se desenvolveram em duas linhas: Gestão na bacia e na cidade, caracterizadas a seguir:

- Política de controle da gestão em nível de bacia hidrográfica, ou externo à cidade, como caracterizado no capítulo 1. Envolve a gestão das inundações ribeirinhas dos rios de médio e grande porte e as definições dos controles que as cidades devem desenvolver na sua gestão. Esta gestão é realizada em âmbito nacional ou de estado. Estas políticas são destacadas no próximo item.
- Política de gestão dentro da cidade ou na região metropolitana (interno à cidade), que integra os serviços de saneamento ambiental e que envolvem medidas para inundações ribeirinhas e drenagem urbana. Essa gestão é realizada por meio do Plano Diretor de Drenagem Urbana (ver item seguinte).

As experiências de políticas nacionais sobre gestão das *inundações ribeirinhas* são apresentadas a seguir:

- **EUA:** em 1936, nos Estados Unidos, foi aprovada uma lei em nível federal, sobre controle de enchentes, que identificava a natureza pública dos programas de redução de enchentes e caracterizava a implantação de medidas físicas ou estruturais como um meio de reduzir esses danos. Dessa forma, não era necessário verificar as relações de custo-benefício para justificar a proteção das áreas sujeitas a inundações. Com isso, foi acelerado o desenvolvimento e a ocupação das várzeas, o que resultou em aumento dos danos

ocasionados pelas enchentes. As perdas médias anuais devido às enchentes aumentaram, e a gestão e a disponibilidade dos fundos públicos foram insuficientes para mudar essa tendência. Em 1966, o governo reconheceu que as medidas anteriores não eram adequadas e deu ênfase a medidas não estruturais que permitiriam à população conviver com a cheia.

- Em 1973, foi aprovada uma lei sobre proteção contra desastres de enchentes, dando ênfase a medidas não estruturais, encorajando, exigindo o seguro para enchentes e regulamentando o uso da terra e a proteção das novas construções (TUCCI, 2007). Em 1974, foram aprovados, na Legislação de Desenvolvimento de Recursos Hídricos, artigos específicos sobre enchentes que previam medidas não estruturais e a distribuição de custos, como no artigo 73 da Lei de 1974.¹²

Atualmente predomina para controle de inundação o sistema de seguro federal. A cidade entra no programa de seguros, mas os seguros são realizados de forma individual. O prêmio do seguro de uma habitação com valor de US\$ 100 mil dólares é de US\$ 300 dólares por ano (0,3% do valor da propriedade). Este sistema até o momento é autossustentável, e parte dos recursos tem sido utilizado para a compra de áreas de alto risco para proteção ambiental.

- **Japão:** o Japão é um país onde apenas 30% da sua área podem ser ocupadas devido ao relevo, e uns terços destas áreas estão sujeitas à inundação. A política de controle de inundações tem sido de construir obras como diques, barragens, alteração do leito do rio e relocação de população com posterior verticalização das áreas de risco. Os custos envolvidos são extremamente altos, mas as obras não passam por uma análise benefício x custo, apenas por minimização dos custos de construção. Em parte, isto também se deve à tradição de séculos do país na luta contra os impactos das inundações e os altos riscos de vida devido à intensidade da precipitação, do relevo e da ocupação.
- **Brasil:** atualmente no Brasil, não existe nenhum programa sistemático de controle de enchentes que envolvam seus diferentes aspectos. O que se observa são ações isoladas por parte de algumas cidades. Estrela, no Rio Grande do Sul, implementou, no seu plano diretor, a legislação de zonas de uso especial, definidas pela restrição de ocupação e de construções abaixo de determinadas cotas, estabelecidas no zoneamento de inundação previamente elaborado (REZENDE; TUCCI, 1979). O município prevê, na legislação, a troca de área de inundação por índice de ocupação em zonas valorizadas como forma de adquirir áreas de risco para uso público.

Em geral, o atendimento à enchente somente é realizado depois de sua ocorrência. A tendência é que o problema fique no esquecimento após cada enchente, retornando na seguinte. Isso se deve a vários fatores, entre os quais estão os seguintes:

- a falta de conhecimento sobre controle de enchentes por parte dos planejadores urbanos;
- a ação federal e a estadual limitam-se à declaração da calamidade e ao fornecimento de fundos para mitigar os efeitos ocorridos;

12 "Em pesquisa, planejamento ou projeto de qualquer agência federal, ou de qualquer projeto envolvendo a proteção contra inundações, deve ser dada prioridade às alternativas não estruturais para redução de prejuízos de inundação, incluindo, mas não limitando as construções à prova de enchentes, regulamentação das áreas de inundação; utilização das áreas de inundação para usos recreacionais, pesca, vida animal e outras finalidades públicas e relocação com vistas a formulação da solução economicamente, socialmente e de meio ambiente mais aceitável para redução dos danos de enchentes".

- a pouca informação técnica sobre o assunto em nível de graduação na engenharia e em outras profissões;
- o desgaste político para os administradores públicos, resultantes do controle não estrutural (zoneamento), já que a população está sempre esperando uma obra hidráulica; e
- a falta de educação da população sobre controle de enchentes.

As experiências de *gestão da drenagem urbana* possuem dois processos: em âmbito da bacia, impulsionado pelo estado ou pela Federação e em âmbito local impulsionado pelo município. O primeiro trata de controlar os impactos externos à cidade, e o segundo, o impacto interno dentro da cidade. Nas experiências internacionais de controle externo, pode-se citar o seguinte:

- **EUA:** a experiência americana no controle externo à cidade se baseou em um programa nacional desenvolvido pela Environmental Protection Agency (EPA), que obriga a todas as cidades com mais de 100 mil habitantes a preparar a Best Management Practices (BMP), que é uma espécie de plano de drenagem urbano que reduz os impactos ambientais para jusante, incluídas as inundações e a qualidade da água.

A segunda fase do programa para cidades com população inferior à mencionada foi iniciada na década de 1990, (ROESNER; TRAINA, 1994). As *BMPs* envolvem o controle da qualidade e quantidade por parte do município por meio de medidas estruturais e não estruturais. O município deve demonstrar que está avançando e buscar atingir esses objetivos por meio de um plano. Este processo contribui para reduzir a poluição difusa dos rios da vizinhança das cidades. A penalidade que pode ser imposta é a ação judicial da EPA contra o município.

Foi desenvolvido um programa nacional que atuou na coleta de dados e estudos de base, o desenvolvimento de informações para o controle interno das cidades e o incentivo da criação do “prestador de serviço de drenagem urbana” (*stormwater utility*), que utiliza uma cobrança pelos serviços com base na área impermeável de cada lote (ver item 3).

- **França:** a experiência francesa quanto ao controle externo à cidade é realizada pelo comitê de bacia, para definição de padrões. As metas que os municípios e poluidores devem atingir são decididas no comitê da bacia. Os controles internos às cidades variam, mas são estabelecidas regras que busquem minimizar os impactos para jusante por meio de um planejamento sustentável quanto a qualidade e quantidade. Muitos países europeus desenvolveram regulamentação específica para a drenagem quanto a: (a) não permitir a drenagem direta de áreas impermeáveis para o pluvial público, sem passar por uma superfície ou área de infiltração; e (b) controlar a quantidade e a qualidade do excedente.
- **Brasil:** no Brasil também não existe uma política federal para o assunto, apenas ações isoladas de algumas cidades. Porto Alegre foi pioneiro em um plano de drenagem urbana que integra as medidas estruturais e não estruturais (IPH, 2001). O estado de São Paulo tem desenvolvido medidas estruturais de amortecimento em várias cidades da Região Metropolitana de São Paulo, e Brasília desenvolveu recentemente um Plano Diretor de Drenagem Urbana (CONCREMAT, 2009).

2.5

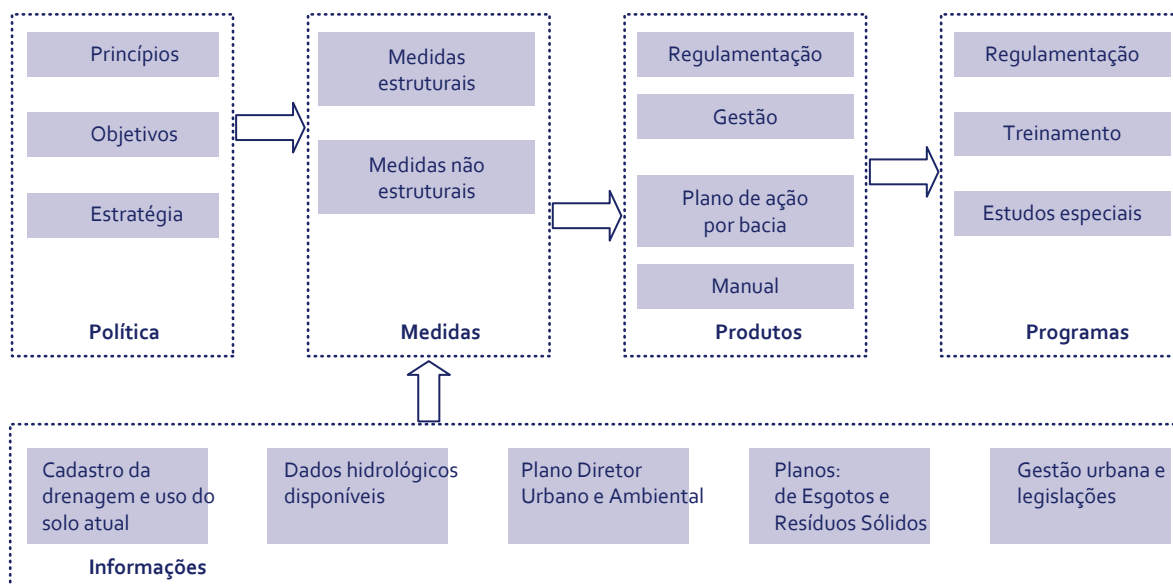
PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

O Plano Diretor de Drenagem Urbana é o instrumento de gestão das águas pluviais na cidade. Este plano deve ser desenvolvido com interfaces com os outros planos da cidade tanto no saneamento quanto no Plano de Diretor Urbano. A Lei de Saneamento (Lei Federal nº 445/2007) prevê a elaboração deste plano.

A estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana é apresentada na figura 4 (TUCCI, 2007). Os grandes grupos são:

- **Política de águas pluviais:** a política define o conjunto de objetivos, princípios, metas e estratégias que são estabelecidas para o plano da cidade.
- **Medidas:** as medidas como destacadas anteriormente são não estruturais e estruturais (ver item 2.4.1).
- **Produtos:** os produtos são os resultados obtidos das medidas citadas (não estruturais e estruturais) voltadas à sustentabilidade das águas pluviais na cidade. Estes produtos geralmente são: a legislação, os planos de bacias, a definição dos programas e o manual de drenagem urbana que orienta os planejadores e os projetistas na cidade.
- **Programas:** os programas são ações de longo prazo associadas às águas pluviais que visam a dar permanências e complementar as medidas.
- **Informações:** é a base de conhecimento que permite o desenvolvimento das atividades anteriores. Esta base de informações se fundamenta principalmente no seguinte:
 - ✓ *Dados hidrológicos:* caracterizam o comportamento dos eventos chuvosos na cidade, erosão sedimentação e da qualidade da água.
 - ✓ *Dados físicos:* caracterizam o sistema natural como relevo, geometria dos rios naturais, geologia, vegetação, capacidade de infiltração e tipo de solo; o sistema urbano definido pela ocupação do espaço pela população, sua impermeabilização e os condutos pluviais. Este último aspecto é denominado aqui de cadastro da rede pluvial natural e construída.
 - ✓ *Legislação relacionada com os sistemas de infraestrutura e seu gerenciamento, onde envolvem:* sistema de abastecimento de água: coleta, tratamento e distribuição; sistema de esgoto sanitário: coleta, tratamento e disposição; sistema de coleta e limpeza de resíduos; controle de saúde e vetores; uso do solo urbano; sistema de transporte urbano.

Figura 4: Estrutura do plano de águas pluviais



Fonte: adaptado de Tucci (2007).

Poucas cidades brasileiras desenvolveram este tipo de plano com uma visão sustentável, evitando a transferência de impactos e com medidas não estruturais de longo prazo. Em alguns estados, como São Paulo, o plano de drenagem tem sido visto mais como um plano de obras e não um plano que integre o conjunto de medidas previstas. Desde 2000, foram elaborados planos de drenagem que contemplem esses princípios, em Porto Alegre (IPH, 2001), Curitiba (SUDHERSA, 2002), Caxias do Sul (IPH, 2003), Campo Grande (RHAMA; ECOPRIME; SCHETTINI, 2009), Brasília (CONCREMAT, 2009), entre outros (box 1).

Box 1

Planos de Drenagem Urbana

Em 2005, a estrutura de plano, como a da figura 4, foi elaborada em um termo de referência no Ministério das Cidades (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2005). Foi realizada dentro do programa denominado de Programa de Drenagem Sustentável. Este programa também elaborou um manual de orientação sobre a análise dos projetos, que exigia o plano para aprovação de projetos. No entanto, as cidades acabaram prometendo o plano para receber os investimentos específicos dos projetos. Considerando que para o atendimento da Lei de Saneamento, citada ao longo do texto, as cidades deverão preparar um plano para cada um dos serviços, e drenagem urbana é um dos serviços previstos. A prioridade atual no desenvolvimento dos planos tem sido para água, esgoto e resíduos sólidos, pois os contratos de serviços somente terão validade se houverem os planos correspondentes. Como não existem contratos de serviços de drenagem urbana nas cidades é possível que estes planos continuem sendo protelados.

Fonte: elaboração do autor.

3

GESTÃO INSTITUCIONAL DA DRENAGEM NA CIDADE

Este capítulo trata dos elementos institucionais necessários à implementação da gestão da drenagem urbana dentro da cidade, caracterizando os elementos legais e de gerenciamento das ações.

3.1

CARACTERÍSTICAS DA ORGANIZAÇÃO INSTITUCIONAL

As medidas institucionais identificadas no Plano Diretor de Drenagem Urbana têm a finalidade de controlar os impactos futuros na drenagem urbana e gerenciar a implementação do Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Estas medidas, denominadas medidas não estruturais, são principalmente:

- Legislação para controle dos impactos devido ao desenvolvimento sobre o sistema de rios urbanos.
- Gerenciamento municipal para drenagem urbana e controle dos impactos.

A legislação introduz o mecanismo legal de controle e incentivos para a sustentabilidade da drenagem urbana da cidade existente e planejada para o futuro. A gestão introduz os procedimentos a serem adotados para viabilizar a implementação da legislação preventiva de controle das águas pluviais na cidade.

Para a gestão da drenagem urbana é necessário definir o seguinte:

- *Controle dos impactos*: medidas legais para controlar os impactos existentes e futuros na drenagem urbana. Isto implica restrições para as novas construções e reformas, além de incentivos para as existentes.
- *Modelos de gestão e financiamento*: mecanismo de sustentabilidade financeira para o gerenciamento dos serviços e viabilização do funcionamento do sistema de gestão.

Estes dois componentes podem ser combinados para se obter o resultado do conjunto, que evita o aumento dos impactos na drenagem urbana, e para o financiamento da gestão sustentável da drenagem na cidade.

A gestão da drenagem na cidade tem sido realizada por medidas legais para as áreas de expansão ou novas construções por meio da manutenção da vazão preexistente, definida na legislação de cada cidade e no plano de controle de cada sub-bacia urbana com medidas de controle estruturais e preventivas (ver item seguinte).

A regulação é entendida aqui como os mecanismos para indução de práticas sustentáveis pelos usuários do espaço urbano. Este processo pode ser realizado por meio de legislação específica do tipo *comand and control*, que exige condições mínimas de implantação, denominada aqui “legislação para drenagem”, e guias de práticas recomendáveis por meio de incentivos econômicos ou não de desenvolver práticas sustentáveis.

Na avaliação das medidas propostas, observou-se que os outros impactos devidos à urbanização não eram controlados (qualidade da água pluvial e erosão), pois o controle do pico¹³ não garantia o controle da qualidade da água e a redução da erosão. Observou-se também que esses impactos ocorrem devido às chuvas frequentes e não necessariamente das extremas. As legislações mais recentes impõem critérios para este controle (veja quadro a seguir).

Quadro 3: Processos de regulação na drenagem urbana

| Parâmetro de regulação | Metas |
|--|--|
| Controle de pico (Qp) | Manter a vazão máxima de pré-desenvolvimento. |
| Controle do pico, da qualidade da água (QA) e erosão (E) | Anterior + redução da carga da água pluvial (~80%) + controle da erosão pluvial. |
| Anterior + desenvolvimento de baixo impacto | Anterior + mecanismos de incentivo para o desenvolvimento sustentável. |

Fonte: elaboração do autor.

As regulamentações mais atuais buscam uma solução ambientalmente sustentável para os novos empreendimentos, seja em nível de lote, seja em loteamento. Para atingir esse objetivo é necessário o gerenciamento integrado da infraestrutura urbana, iniciando-se pela definição da ocupação do espaço com preservação das funções naturais, como a infiltração, a evapotranspiração e a rede natural de escoamento. Este tipo de desenvolvimento tem recebido a denominação de *Better Site Design* (BSD – melhor projeto local) *Conservation Design* (CD) *Low Impact Development* (LID, desenvolvimento de baixo impacto) nos Estados Unidos e na Nova Zelândia; *Water Sensitive Urban Design* (WSUD, Projeto Urbano de Água Adequado) na Austrália; *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS, Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável) no Reino Unido. Nesse caso, a implantação dessas práticas tem sido recomendada, com base na redução de custo da implantação e não necessariamente por meio de legislação específica. Para isso, foram elaborados alguns manuais para orientar o seu uso. Nos Estados Unidos, esses tipos de desenvolvimento são utilizados de modo a complementar os outros tipos de controle, como, por exemplo, reservatórios de detenção/retenção.

13 Pico é a vazão máxima que ocorre em um evento de inundação.

3.2 REGULAÇÃO PARA CONTROLE DOS IMPACTOS

3.2.1 Critérios

Cinco grandes grupos de metas de controle dos impactos na drenagem urbana (recarga do aquífero, qualidade da água pluvial, erosão e assoreamento, drenagem urbana e inundação ribeirinha) são destacados no quadro 4, relacionando impactos, causas, objetivo, ação e regulação. O objetivo principal é reproduzir a hidrologia de pré-ocupação da bacia por meio do controle de todo espectro de frequência dos eventos de chuva. O espectro de frequência é dividido em cinco zonas, baseadas em suas frequências de ocorrência, que são: recarga do aquífero; qualidade da água; proteção dos rios (erosão e assoreamento); controle das inundações da drenagem urbana (frequentes); controle das inundações extremas.

Na figura 5 são apresentadas as relações entre os impactos e os controles. As inundações ribeirinhas não são tratadas aqui. Os quatro objetivos são: manter a recarga para garantir a vazão de base e a sustentabilidade dos aquíferos; minimizar o impacto na qualidade da água; reduzir a erosão e a produção de sólidos; e evitar as inundações.

3.2.2 Medidas associadas à regulação

As medidas de controle associadas à regulação podem ser classificadas em dois tipos principais: (a) armazenamento; e (b) infiltração. As primeiras são utilizadas tanto em áreas de lotes como em loteamentos, e as segundas são mais utilizadas em âmbito local. Quando as estruturas de armazenamentos são utilizadas em nível local (lote ou pequeno loteamento) são denominadas de OSD (*On-Site Detention*).

A principal medida associada à manutenção da vazão e às condições prévias tem sido o armazenamento por meio de reservatórios (detenções e retenções).

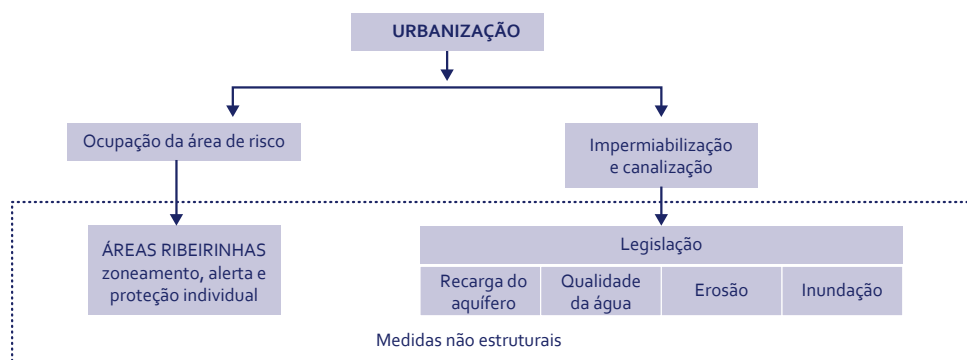
Em regulamentações mais atuais, é incentivado o uso de infiltração por meio dos manuais das cidades, como: (a) desconexão de áreas impermeáveis com os pluviais, fazendo a água transitar por planos de infiltração; (b) incentivos para uso de trincheiras, valos e pavimentos permeáveis. No entanto, deve-se considerar que áreas que possuem importante contaminação superficial não devem ser infiltradas antes do tratamento da água.

Quadro 4: Impactos e regulamentação sobre o escoamento pluvial

| Efeito | Impactos | Objetivo | Ação | Regulamentação |
|--------------------------------------|---|---|--|--|
| Recarga do aquífero | Diminuição do lençol freático e da vazão de base. | Manter os níveis anuais médios de recarga e a vazão de base. | Infiltração na área desenvolvida. | Garantir a recarga média anual de acordo com os tipos de solo da região. |
| Qualidade da água | Aumento da carga de poluentes na água pela lavagem das superfícies urbanizadas. | Reduzir a 80% da carga da qualidade da água devido a eventos pluviais. | Tratar o volume dos sólidos suspensos das superfícies urbanas. | O controle é realizado para o volume da chuva de um a dois anos e 24 horas ou um volume correspondente a 90% dos eventos anuais. |
| Erosão e assoreamento | Erosão do leito dos canais devido ao aumento da vazão e de velocidade. | Reduzir a energia do escoamento. | Restringir a vazão pré-desenvolvimento e dissipar a energia por meio de reservatórios ou dissipadores. | O controle é realizado armazenando a chuva de um a dois anos de 24 horas. |
| Inundação da drenagem urbana | Inundação na drenagem urbana (redes de condutos e canais naturais e/ou artificiais) devido ao aumento da vazão. | Manter a vazão de pico menor ou igual à de pré-desenvolvimento. | Com infiltração ou amortecimento na área desenvolvida. | Evento de cheia com tempo de retorno de 10 a 25 anos e 24 horas. |
| Áreas ribeirinhas e eventos extremos | Impactos devido a eventos extremos nas áreas ribeirinhas e segurança dos dispositivos hidráulicos. | Mitigar os impactos extremos, não ampliação dos limites da planície de inundação e dimensionamento de estruturas de emergência nos reservatórios. | Controle com reservatórios e/ou zoneamento. | Zoneamento de áreas de inundação para a cheia de 100 anos. |

Fonte: Tucci e Meller (2007).

Figura 5: Impactos e controles



Fonte: Tucci e Meller (2007).

3.2.3

Política de regulação nas cidades de alguns países

EUA: a Usepa em conjunto com os estados (por meio dos manuais) sugere os volumes para recarga, qualidade da água, erosão, drenagem urbana e para eventos extremos.

Reino Unido: de acordo com Faulkner (1999), não há nenhuma política formal publicada no Reino Unido com relação às estruturas de amortecimento. Várias metodologias são utilizadas para determinação da máxima vazão permitida à rede (chamada de *greenfield runoff*), adotada como a vazão de pré-ocupação da área. Algumas regiões prepararam notas de orientação regionais de padrões e métodos a serem adotados. Apenas a região do Tâmis possui uma política de dimensionamento de estruturas de armazenamento publicada pela agência ambiental. Os critérios são semelhantes aos americanos.

Austrália: a Austrália tem usado reservatórios de detenção especialmente nas cidades mais populosas do leste, como Sydney, Melbourne, Brisbane, Newcastle, Wollongong e Canberra (SCOTT et al., 1999; O'LOUGHLIN et al., 1998). Devido à limitação de espaço nas áreas próximas ao centro da cidade, surgiram como alternativa aos grandes reservatórios os OSDs (*On-Site Stormwater Detention*), inicialmente na forma de tanques de detenção em residências, áreas comerciais ou industriais (O'LOUGHLIN et al., 1995).

A utilização das OSDs para controle do escoamento é regulada na Austrália em termos de “descargas permissíveis” (*permissible site discharge – PSDs*) e do “armazenamento necessário” (*site storage requirements – SSRs*). A limitação da vazão na estrutura é feita por meio do orifício de saída.

Brasil: no Brasil, a abordagem tradicional para a solução/prevenção dos problemas de drenagem urbana nas cidades tem sido baseada no princípio higienista do início do século passado. Somente a partir da década de 1990, o uso de armazenamento começou a ser usado, ainda assim em poucas cidades. Alguns exemplos são:

- ✓ *Belo Horizonte:* no Plano Diretor Urbano de Belo Horizonte, de 1996, foram previstas áreas permeáveis de acordo com a zona da cidade (como na maioria das cidades). Foi previsto um artigo que permite ao proprietário substituir a área permeável por um reservatório na relação de 30 l para cada 1 m² impermeabilizado. Foi prevista uma exceção, em que a viabilidade da construção do reservatório dependia de um parecer de um engenheiro. Na prática observou-se que o proprietário construía a área impermeável e depois obtinha um parecer do engenheiro inviabilizando o reservatório. Dessa forma, nenhum reservatório foi construído. Mesmo que o reservatório fosse construído, não resolveria o problema, pois o restante da superfície continuaria impermeável e o aumento da vazão ocorreria.
- ✓ *Guarulhos:* a legislação de Guarulhos baseia-se na construção de reservatório para controle da drenagem urbana para áreas maiores ou iguais a 1 hectare. A regulamentação estabelece critérios de construção de retenção/detenção, mas não estabelece os critérios quanto à manutenção de vazão preexistente.

- ✓ *São Paulo*: a legislação de São Paulo estabelece a construção de reservatório para lotes acima de 500 m², mas também não estabelece uma vazão-limite para entrada na rede pública. Além disso, os volumes envolvidos estão subdimensionados, da ordem de quatro vezes inferiores aos de Porto Alegre.
- ✓ *Porto Alegre*: foi proposto um decreto de controle da drenagem urbana baseado no princípio de controle na vazão de saída e não no uso obrigatório de reservatório. O uso do controle da vazão de saída permite ao usuário maior grau de liberdade para a escolha do controle. O decreto estabelece uma vazão-limite de saída e uma equação para reservatório e outros dispositivos.

3.3

MODELOS DE FINANCIAMENTO DA DRENAGEM URBANA

As medidas estruturais representam investimentos e custos de melhorias e de manutenção que são definidos quando da sua efetiva implementação, enquanto as medidas não estruturais envolvem o gerenciamento das ações de implementação das medidas legais e dependem de um financiamento permanente.

As formas identificadas de recuperação de custos para atendimento, tanto das melhorias quanto dos custos permanentes, envolvem os grupos principais destacados a seguir.

3.3.1

Modelo difuso

Nesse modelo, admite-se que os serviços prestados devem ser compartilhados por todos de forma uniforme. Este modelo considera que não há distinção entre os usuários do sistema, ou seja, que cada proprietário de um imóvel não se beneficia de forma diferenciada dos serviços de águas pluviais.

Sendo assim, o pagamento pelos serviços é realizado pelos:

- impostos já existentes; ou
- cobrança de um imposto adicional para ampliar este serviço (*box 2*).

Box 2

Questionamento sobre a cobrança de taxa uniforme sobre serviços

Quando existe um serviço público essencial e fundamental, para o qual não é possível identificar o uso individual, este é custeado de forma distribuída por toda a comunidade. Por exemplo, como a iluminação pública ou a limpeza das ruas. Quando os serviços públicos atendem de forma específica aos beneficiários, este deve ser arcado pelos beneficiários. Esses serviços são custeados por taxa ou tarifa. Os serviços nos quais não é possível identificar os beneficiários não podem utilizar-se de taxas ou tarifas, mas por receitas gerais com base em impostos correntes.

Continua...

Continuação

O Supremo Tribunal em decisão sobre a coleta de lixo domiciliar e os serviços de limpeza urbana do Rio de Janeiro decidiu que a limpeza de logradouros públicos, que não pode ser individualizado o beneficiário, não pode ser cobrado como taxa ou tarifa, diferentemente da coleta domiciliar que pode ser cobrada como taxa.

A jurisprudência define que os serviços de drenagem urbana, como os de coleta domiciliar do lixo, sejam cobrados por uma taxa. A Constituição Federal previu a instituição de taxas pela utilização potencial ou efetiva de serviços públicos. Isto implica a cobrança compulsória. A Lei de Saneamento previu a cobrança pelos serviços de drenagem urbana. Portanto, existem os elementos legais que pressupõem a definição de uma taxa de serviços pelas águas pluviais.

Nesse sentido, utilizando a interpretação do Supremo sobre os serviços do lixo, é razoável de se supor a cobrança de uma taxa pelas águas pluviais provenientes das áreas individualizadas (propriedades privadas e públicas), mas os serviços correspondentes às águas pluviais geradas nas áreas públicas de uso comum seria custeado por impostos gerais.

No caso da taxa, esta deve ser fixada por lei e não pode ser cobrada no mesmo exercício em que a lei foi aprovada. A taxa como remuneração de um serviço público é compulsória na medida em que a falta de sua existência poderá comprometer a segurança e os interesses públicos.

Fonte: Justen Filho (2003).

A incorporação dos custos no orçamento global da Administração Pública e os recursos para atendê-los fazem parte dos impostos no município sem nenhuma cobrança individualizada pela melhoria ou pelo serviço permanente.

Este é o modelo mais encontrado na realidade brasileira, mesmo para os municípios que possuem um departamento específico de drenagem urbana, como o de Porto Alegre. Este modelo é o mais usado no Brasil por uma questão de desconhecimento sobre o assunto ou incapacidade política de implementação das alternativas. Na realidade, no Brasil ainda não existe experiência adequada na gestão da drenagem urbana em bases sustentáveis e os serviços são de baixa qualidade, com algumas exceções.

O modelo difuso tende a limitar os serviços de drenagem, pois compete com todas as outras demandas já existentes e planejadas do governo. O acréscimo de recurso ou melhoria passa por um processo de inclusão no orçamento que é extremamente competitivo e muda periodicamente.

Como resultado desse modelo, os serviços sofrem pela falta de:

- Pessoal qualificado e treinado.
- Recursos para custeio e material permanente nas diferentes atividades.
- Recursos para os investimentos.
- A tendência observada nos governos municipais é de serem reativos, atuando quando aparece o problema, e não possuem prevenção e principalmente manutenção. A natureza faz a manutenção e os projetos são aprovados em escritório e dificilmente fiscalizados.

Esse tipo de modelo tem inviabilizado a modernização e a implementação da legislação de saneamento devido à falta de recuperação de custos dos investimentos potenciais e dos serviços. Este também tem sido um inibidor ao financiamento de obras e serviços de águas pluviais por parte do governo federal, na medida em que os setores de economia e planejamento do governo não entendem como os municípios poderão pagar pelos financiamentos (recuperação de custo), já que não cobram por eles, seja na manutenção, seja nas melhorias.

Na década de 1970, quando o Banco Nacional de Habitação (BNH) financiou saneamento, vários municípios tomaram recursos para investimentos de melhorias em drenagem urbana e não previram a recuperação dos custos com base em impostos de melhorias ou taxas. Isto resultou em alto grau de inadimplência – que para alguns municípios perdura até hoje. Ao longo dos anos, a disponibilidade de recursos para setor foi baixa principalmente pelas dificuldades relacionadas à falta de viabilidade na recuperação de custos.

3.3.2

Modelos de cobrança por serviço e melhoria

Este modelo baseia-se no conceito que os usuários do sistema se diferenciam quanto à prestação dos serviços e melhorias e não podem ser considerados como um serviço uniforme e distribuído. Uma parte da bacia ou um usuário que impermeabiliza uma área utiliza muito mais dos serviços de drenagem pluvial do que um usuário que mantém sua área com baixa impermeabilização e alto grau de infiltração. O usuário que mais impermeabiliza sua área exigirá do poder público um sistema de drenagem mais caro, pelo aumento de volume de escoamento que gera para jusante.

Considerando esse conceito, aplica-se a taxa de serviços de drenagem urbana, cobrando-se dos proprietários dos imóveis o ressarcimento das obras de melhorias e serviços permanentes na forma de taxa (veja *box 2*).

Foi estabelecido pelo Supremo Tribunal que os serviços que são sujeitos à medição e variam no tempo, como água e esgoto, são cobrados na forma de tarifa, enquanto os serviços como lixo (resíduos sólidos) e águas pluviais que em princípio não são medidos, mas são colocados à disposição dos usuários a infraestrutura, são compulsórios, cobrando-se uma taxa por propriedade, diferenciada pelo tipo de uso (impermeabilização).

O critério de diferenciação entre os usuários pode variar:

- Conceitualmente, o que diferencia um usuário de outro na drenagem urbana é a quantidade de escoamento superficial que cada propriedade pode gerar e, portanto, mais serviço e infraestrutura de drenagem. No caso de melhorias, quanto maior o volume e o pico do hidrograma, maior o investimento para ampliação da rede de drenagem ou seu amortecimento.
- Diferenciado de acordo com outros serviços. Na Alemanha e na Inglaterra, o serviço de águas pluviais é cobrado associado à conta de água. Este tipo de cobrança não poderia ser realizado no Brasil, pois os serviços de água e esgoto são cobrados na forma de tarifa, e drenagem está estabelecida como taxa (*box 3*). Pode-se, no entanto, usar o mesmo processo administrativo de cobrança de água e esgoto para cobrar a drenagem, esta diferenciada por outros critérios. Também não é razoável usar o critério de consumo de água, pois não está relacionado com o uso do sistema de águas pluviais. Em algumas cidades europeias, isso poderia ser considerado, em parte, porque o sistema de transporte do esgoto é combinado com drenagem e o volume total é, em parte tratado, mas o volume da drenagem é da ordem de 40 vezes o do esgoto e ocorre somente nos dias chuvosos.

Box 3

Condicionamentos da remuneração dos serviços

A Constituição Federal (CF) atribuiu competência às pessoas políticas a instituição de taxas pela utilização efetiva ou potencial, de serviços públicos específicos e divisíveis, prestados ao contribuinte ou postos à sua disposição (art. 145, inc. II). No artigo 175 previu que, na prestação de serviços públicos, caberia assim à lei dispor sobre a política tarifária (parágrafo único, inciso III). A Lei de Saneamento nº 11.445, de janeiro de 2007, prevê a cobrança pelos serviços de drenagem urbana no artigo 29 inciso III. No parágrafo 1º são destacadas as diretrizes como:

- I. “Priorizada para atendimento das funções essenciais relacionadas à saúde pública;
- II. Ampliação do acesso dos cidadãos e localidades de baixa renda aos serviços;
- III. Geração de recursos necessários para realização dos investimentos, objetivando o cumprimento de metas e objetivos do serviço;
- IV. Inibição do consumo supérfluo e do desperdício de recursos;
- V. Recuperação dos custos incorridos na prestação do serviço, em regime de eficiência;
- VI. Remuneração adequada do capital investido pelos prestadores dos serviços;
- VII. Estímulo ao uso de tecnologias modernas e eficientes, compatíveis com os níveis exigidos de qualidade, continuidade e segurança na prestação de serviços;
- VIII. Incentivo à eficiência dos prestadores de serviço”.

A lei destaca um dos princípios da cobrança de taxa pela drenagem urbana, utilizando as áreas impermeáveis do lote urbano. Isto é destaque no artigo 36:

“Art. 36. A cobrança pela prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas deve levar em conta, em cada lote urbano, os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva, bem como poderá considerar:

- I. o nível de renda da população da área atendida;
- II. as características dos lotes urbanos e as áreas que podem ser neles edificadas.”

3.3.3

Estrutura do modelo de serviços (*utility*) para gestão da drenagem

Este modelo configura o serviço (*utility*) que pode ser prestado pelo estado ou terceirizado para uma empresa privada. A base da construção deste modelo é apresentada na figura 7 e descrita a seguir.

Política de decisões: os clientes do prestador de serviço (que pode ser o estado ou uma empresa) são os proprietários que entregam uma quantidade de água pluvial que deve escoar pelo sistema de águas pluviais. O total dessa cobrança deve ser suficiente para:

- Atender aos custos gerados pelos serviços de águas pluviais.
- O sistema de concessão dos serviços.

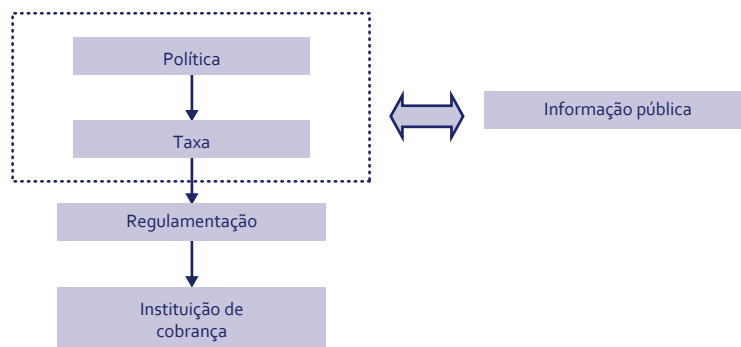
No que se refere às melhorias (obras), a metodologia deve considerar o custo direto das obras e o da gestão dela. A forma de cobrança deve ser estabelecida de acordo com o financiamento das obras e os juros correspondentes para o seu ressarcimento.

Scholl (1991) destaca alguns dos principais aspectos que uma *utility* deve procurar seguir para estabelecer um sistema de financiamento do gerenciamento da drenagem urbana:

- Evitar arbitrariedades e decisões discriminatórias.
- Definição de quem paga pelos serviços deve se basear em discussão pública.

- Critério de cobrança pelas águas pluviais dos proprietários pode variar, mas deve ser: justa, razoável, fácil de ser entendida e aceita pela comunidade.

Figura 6: Elementos para definição do “serviço de drenagem urbana”



Fonte: Scholl (1991).

- A formulação utilizada para cobrança deve também procurar ser: flexível e fácil de ser ajustar quando mudanças ocorrem; os dados devem ser facilmente obtidos e tecnicamente adequado.
- O processo de arrecadação, custos relacionados aos serviços prestados e o orçamento total devem ser transparentes para fiscalização pública.

Taxa de cobrança: os custos da drenagem estão subdivididos em dois grupos principais:

Melhorias: trata das obras de drenagem previstas no plano de obras de cada bacia e os proprietários de cada bacia deveriam contribuir para o pagamento dessas melhorias, da mesma forma que outras melhorias da cidade. A cidade, no entanto, pode optar por pagar estas melhorias com base nos impostos vigentes.

Operação e manutenção dos serviços: nesse caso devem estar os custos relacionados com todos os serviços previstos, inclusive da agência reguladora. Na tabela 1 são apresentados de forma simplista os itens de orçamento para identificação dos custos relacionados com os serviços

O critério de cobrança baseia-se na proporção de geração de escoamento superficial de cada propriedade. Scholl (1991) utiliza o critério de definir uma unidade residencial equivalente (ERU) que representa a média da impermeabilização da cidade. Com base nesse fator, cada unidade terá um fator de ERU que é utilizado no cálculo da sua taxa. Na tabela 1 é apresentado o critério de cálculo individualizado de acordo com a área impermeável (TUC). Scholl (1991) menciona que o custo médio esperado inicial por unidade (ERU) nos Estados Unidos é da ordem de US\$ 3/mês (dólar de 1991). Atualmente, com base em dados recentes fica na ordem de US\$ 6/mês.

Participação pública: o processo de informação pública sobre a cobrança da taxa e os resultados esperados dos serviços devem ser bem conduzidos para minimizar os aspectos mencionados do modelo anterior.

A participação pública na definição da taxa e de seus componentes permite minimizar os efeitos negativos dessa cobrança.

Regulamentação: a definição da taxa de drenagem somente pode ser realizada por lei específica, mas deve-se procurar deixar um grau de liberdade para que possa ser ajustada em decreto, pois existe o desgaste sistemático de aprovação de uma lei e o tempo necessário pode criar dificuldades financeiras. Essa regulamentação define:

- As categorias de taxas.
- Os prazos de pagamento.
- As penalidades e os processos de recursos e apelação.
- Os condicionantes para revisão.

Instituição da cobrança: para instituir a cobrança são necessários os seguintes conjuntos de base de informações:

- *Base de dados e série histórica de custos atualizados.* No início, estes dados serão limitados, pois a instituição não tem informações sobre os custos, que geralmente estão difusos dentro da Administração Pública e mesmo, quando existem, não são reais, pois os serviços são geralmente inadequados.

Tabela 1: Itens de avaliação de custo dos serviços de drenagem urbana

| Tipo | Descrição | % esperada |
|---|---|------------|
| Cobrança | Custo pelo serviço de cobrança do serviço. Este item pode estar inserido na cobrança de outros serviços da cidade. | 1,5 |
| Salários | Salários de pessoal envolvido na prestação de serviço identificados no item 3.3.3 do prestador de serviços. | 40 |
| Gastos de custeio | Gastos correntes dos serviços. ¹ | 5 |
| Material permanente | Material permanente necessário à manutenção e à operação dos serviços. | 18 |
| Serviços de terceiros relacionados | Serviços que podem ser incorporados nos anteriores, mas que são contratados externamente ao prestador de serviço. | 5 |
| Serviços de mapeamento e de apoio | Serviços relacionados à identificação das áreas e alterações na impermeabilização. São serviços de geoprocessamento, compra de imagens etc. | 11 |
| Plano diretor | Acompanhamento das ações do plano e sua revisão. | 2,5 |
| Contingência | Custos não previstos. | 2 |
| Total | Subtotal e custo direto total. | 85 |
| Outros | Fundos de reserva e taxas especiais. | 15 |
| Custo total (CTS) | Custo final dos serviços. | 100 |
| Número de unidades contribuintes (NUC) | Define o total das unidades contribuintes para pagamento da drenagem urbana. | |
| Distribuição de custo (DC) | É igual ao custo total dos serviços menos outras fontes de arrecadação e impostos transferidos para a drenagem pelo poder público. | |
| Taxa de cada unidade contribuinte (TUC) | É calculada com base no volume de escoamento superficial de cada unidade. O somatório de TUC x NUC = DC. | |

Fonte: dados de Scholl (1991).

Nota: ¹ nos serviços, se devem considerar também os custos de reparos de rede, quando representam trechos curtos e tenham magnitude similar aos custos de manutenção, caso contrário entram nos custos de melhorias financiados por outros impostos e taxas.

- *Levantamento adequado das variáveis envolvidas que servirá de base para a taxa.* Área impermeável, área construída ou outro instituído.
- *Mecanismo de cobrança:* o ideal é cobrar dentro de outra conta existente no município, por exemplo, juntamente com a conta de água, usando o mesmo mecanismo administrativo, que dilui custo. A alternativa é a cobrança no Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU) com a taxa de lixo. Essas alternativas devem considerar a diferença de tempo entre a arrecadação e as despesas.
- *Base de dados dos contribuintes:* esta base de dados permite analisar o efeito ao longo do tempo da arrecadação e projetar sua relação com os custos previstos e seus acréscimos.

Este modelo é o mais aplicado em âmbito mundial, principalmente nos Estados Unidos, onde grande parte das cidades atualmente utiliza procedimentos baseados nesse modelo.

No Brasil, a única cidade que cobra pela drenagem é Santo André no ABC, São Paulo, que cobra juntamente com os outros serviços de saneamento as águas pluviais. A cobrança dos serviços realizadas em Santo André baseia-se na área construída em planta como indicador do volume de escoamento superficial adicionado às condições naturais.

A maior desvantagem desse modelo encontra-se na dificuldade atual de introduzir qualquer nova taxa ou imposto em qualquer nível de governo no Brasil. Isto se dá pela falta de credibilidade do setor público brasileiro que, ao definir um imposto voltado para uma finalidade invariavelmente, acaba distorcendo o seu uso. O exemplo mais marcante deste processo foi o Imposto sobre Movimentação Financeira (IPMF), que foi originalmente aprovado para uso na saúde e depois utilizado no orçamento geral na União.

3.3.4 Modelos de compensação

O princípio deste modelo considera que o uso do solo altera as condições preexistentes e produz impactos para jusante, como tem sido enfaticamente destacado nos relatórios deste plano. Nesse sentido, é necessário compensar o poder público por um custo adicionado que o proprietário do imóvel está produzindo na rede pública de águas pluviais.

Os impactos transferidos são de aumento do escoamento superficial e do pico de cheia, erosão do solo e contaminação das águas pluviais. Para controlar as medidas na fonte, foi mencionado anteriormente que se podem utilizar a infiltração e o amortecimento. Quando se utilizar o armazenamento, o impacto do aumento do escoamento superficial continua o mesmo, apenas se transferiu no tempo o volume adicionado. No caso do uso de infiltração, pode-se recuperar as condições de recarga do escoamento e manter para jusante a mesma vazão preexistente. Portanto, o controle por volume estaria sujeito a uma penalidade de aumento dele, mas

não de aumento de pico, enquanto a infiltração recuperaria as condições naturais e manteria para jusante as condições preexistentes.

Baseado nesses princípios é possível regular os proprietários que:

- Não controlam os impactos.
- Proprietários que controlam suas áreas impermeáveis com amortecimento.
- Proprietários que controlam suas áreas impermeáveis recuperando a infiltração.

Para cada um desses usuários, haveria uma taxa específica, baseados na área impermeável (m^2 de área impermeável) em planta da propriedade e a conexão com a rede pública. Esta compensação teria como finalidade o pagamento das melhorias e a manutenção do sistema de drenagem.

Em alguns países europeus é adotada uma taxa anual por m^2 de área impermeável, quando não existe controle na residência e um valor diferenciado em função dos controles.

Este modelo se diferencia do anterior quanto à justificativa e aos incentivos nas ações individuais dentro da propriedade. A crítica a este modelo decorre do seguinte:

- Os incentivos podem ser pequenos economicamente para uma parte da população, levando a se utilizar pouco desses benefícios e não incentivando a boa prática.
- O risco deste tipo de modelo é o de desequilíbrio de receita e despesas na medida em que os usuários passem a adotar medidas individuais de infiltração.

Qualquer uma das duas tendências deve ser prevista nos cálculos econômicos de viabilidade por meio de um estudo de sensibilidade financeira, já que o princípio da compensação é o que baseia o modelo e deve-se incentivar o processo de mitigação distribuída das áreas impermeáveis nas propriedades.

3.4 PROPOSTA DE GESTÃO MUNICIPAL DA DRENAGEM URBANA

Este item apresenta uma proposta de modelo institucional para a gestão da drenagem urbana baseada nos princípios de sustentabilidade econômica e ambiental considerando a experiência internacional e a realidade brasileira.

3.4.1 Gestores

A estrutura da gestão das águas pluviais pode utilizar os atores como descrito na figura 7. Existe uma agência reguladora, uma empresa concessionária, que pode ser uma entidade pública ou privada, e existem os usuários, que são os proprietários privados e públicos da cidade.

3.4.2 Mecanismos de controle dos impactos

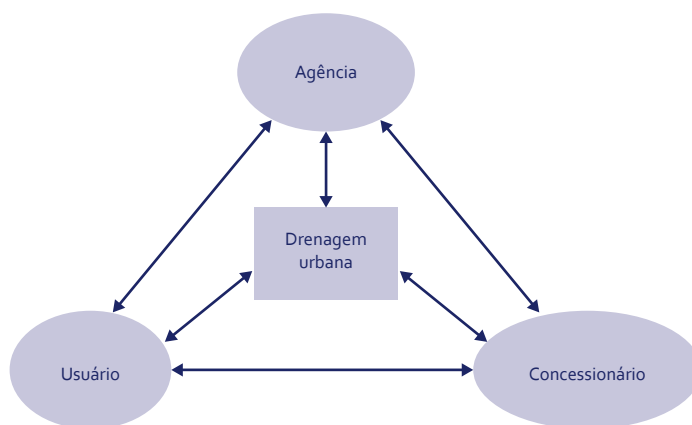
Os impactos futuros podem ser controlados por legislações ou regulamentações apropriadas para as novas construções e reformas que necessitem de aprovação do sistema público. No entanto, o controle sobre as construções existentes somente pode ser realizado com base em um mecanismo econômico, como caracterizado no resumo a seguir.

A regulação sobre novos empreendimentos pode estruturar-se de acordo com o seguinte:

- Manter a vazão e os outros condicionantes dentro das condições de pré-desenvolvimento.
- Manter-se dentro de vazões e condições ambientais que o sistema de drenagem atual suporte.

O primeiro critério é o mais utilizado apesar de ser mais restritivo. O segundo é de difícil aplicação e envolve um treinamento muito detalhado da capacidade da equipe além da necessidade de aumentar o seu pessoal.

Figura 7: Atores da gestão da drenagem urbana que atuam na política de drenagem urbana estabelecida pela legislação



Fonte: elaboração do autor.

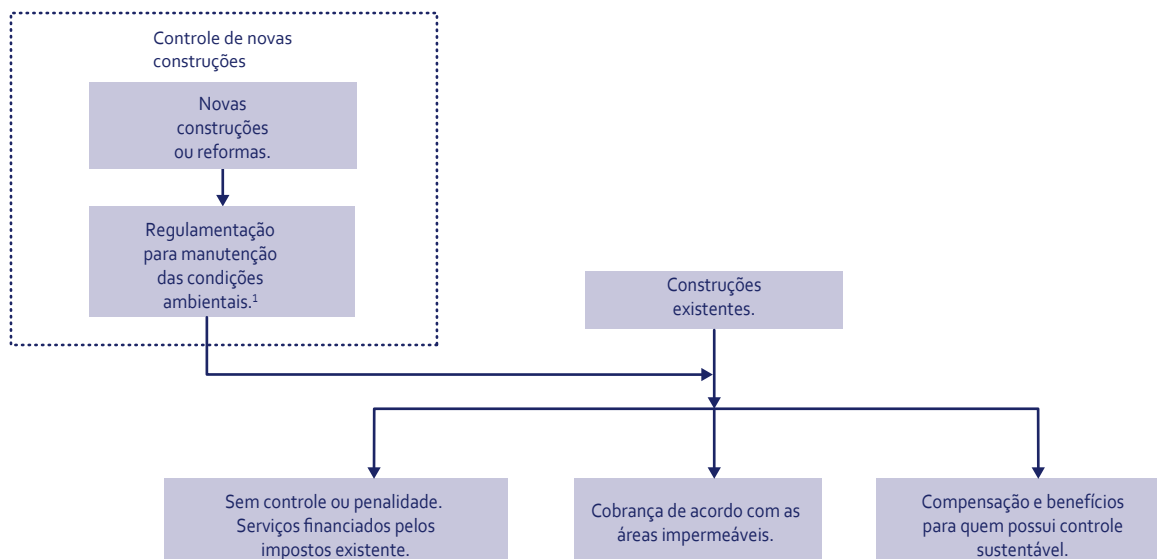
3.4.3 Modelo integrado

O modelo integrado é definido como a integração dos dois últimos modelos para definição da cobrança da taxa, visando essencialmente à compensação ambiental dos impactos. É chamado aqui de integrado porque reúne o controle dos futuros impactos das novas construções e medidas compensatórias para os empreendimentos já construídos.

Na figura 8, são apresentados os componentes do modelo integrado, em que existem duas entradas principais:

- a) Novas construções e reformas: em que é possível cobrar pela manutenção das condições ambientais naturais.
- b) Construções existentes: em que é possível gerenciar de acordo com os mecanismos financeiros. Nesse sentido, pode-se adotar os seguintes critérios: (b.1) de não ter nenhuma ação sobre as construções existentes; (b.2) cobrar uma taxa para as construções que possuem área impermeável, independentemente de seu controle prévio; e (b.3) a cobrança diferenciada e benefícios para os que atuam de forma sustentável.

Figura 8: Modelos de controle dos impactos e gestão



Fonte: elaboração do autor.

Nota: ¹ condições naturais preexistentes

CONCLUSÃO

A gestão da drenagem urbana mostra um conjunto de problemas que se reflete nos impactos sobre a sociedade e o meio ambiente. Os principais são os seguintes:

- Cada indivíduo vem transferindo impunemente para o conjunto da sociedade o seu impacto quanto ocupa seu lote, impermeabiliza e aumenta o escoamento e as inundações a jusante. Isto ocorre por falta de mecanismos de controle da expansão urbana na drenagem. Este processo pode ser contido por regulação e estabelecimento de normas municipais para a transferência do escoamento para a área pública. Em Porto Alegre, a regulação implementada em 2000 resultou depois de sete anos em uma redução de perdas futuras em R\$ 7 milhões/ano (CARMONA, 2008).
- A ocupação do solo das áreas ribeirinhas pela população devido à falta de zoneamento da área de risco ou por invasão.
- Os instrumentos de controle dos impactos tem se baseado em obras de custos altos, que tendem a produzir mais impactos do que estão tentando controlar, já que transferem o aumento das cheias da população de montante para de jusante da cidade. Para evitar esse tipo de problema, devem ser elaborados o plano de drenagem, que busca desenvolver soluções em toda a bacia urbana e evitar projetos isolados que apenas transferem impactos.
- A qualificação técnica de projetistas, técnicos nas diferentes esferas de poder é deficiente e com pouca percepção de medidas sustentáveis na drenagem. Sem uma melhoria nessa capacitação, dificilmente será possível um gestão adequada.
- Não existem instituições para desenvolvimento dos serviços de drenagem. A criação dessas instituições depende de cobrança pelos serviços, no entanto não existe clara percepção pública dos benefícios e da relação serviços x benefícios por parte da população. De nada adianta desenvolver planos de drenagem para as cidades se não houver sustentabilidade econômica e técnica das instituições por meio de orçamento permanente de cobrança pelos serviços, financiamento dos investimentos e capacitação. No Brasil, apenas duas cidades possuem serviços de drenagem urbana por instituição definida (Porto Alegre e Santo André), enquanto apenas uma cobra pelos serviços (Santo André) e o valor cobrado é cerca de 50% dos custos. As demais cidades apresentam serviços englobados em secretarias que não possuem orçamento específico e somente atuam quando existem problemas sérios.
- A gestão da drenagem é desassociada dos outros serviços do saneamento da cidade. Esta gestão deve estar integrada aos outros serviços para que o conjunto deles mostre os resultados pela sustentabilidade de ambientes urbanos. Os problemas associados são resíduos sólidos na drenagem, redes interconectadas com baixa eficiência tanto do tratamento do esgoto como da poluição na drenagem.

Utilizando o prejuízo médio anual de inundação de uma bacia urbana de Campo Grande (RHAMA; ECOPRIME; SCHETTINI, 2009), que é de R\$ 240 mil/km². Considerando a ocupação urbana brasileira de aproximadamente 65 habitantes/ha (EMBRAPA, 2008). Sendo 81% da população total de 188,3 milhões é urbana (BRASIL, 2010 baseados em dados de 2006) resultam em 23.500 km² de área urbana e cerca de R\$ 5,6 bilhões/ano de prejuízos

anuais (para valores de 2006). Este valor representa uma ordem de magnitude do problema no País, podendo variar em função de maior detalhamento das informações usadas. Seria necessário investir da ordem de R\$ 2 milhões/km² para reduzir o referido prejuízo anual de 85% (10 anos de tempo de recorrência). Considerando a vida útil dos projetos de 40 anos, taxa de 6% ao ano, a relação benefício-custo seria de 1,5. O benefício seria 50% superior aos prejuízos.

Portanto, observa-se que existe um benefício direto de investimento na redução de prejuízos econômicos na drenagem, sem considerar os benefícios sociais e ambientais.

A questão essencial da gestão reside no adequado arranjo institucional que atualmente é muito frágil. A gestão recomendada é dos serviços de águas urbanas (abastecimento, esgotamento, drenagem urbana e resíduos sólidos) integrados em uma instituição devido aos aspectos de interferências desses serviços entre si, economicidade e gerência dos serviços. No Brasil, apenas Santo André possui essa integração. Nas demais cidades, os serviços são fragmentados com metas mais relacionadas a obras do que aos objetivos finais de melhoria de qualidade de vida e recuperação ambiental da cidade.

Torna-se necessária uma política nacional que apoie e cobre dos municípios uma gestão adequada da drenagem urbana. Tucci (2005) apresentou uma proposta de política nacional baseada principalmente no seguinte:

- Estabelecimento de um mecanismo institucional de cobrança dos planos de drenagem urbana que atualmente existe na Lei de Saneamento de 2007.
- Criação de uma secretaria técnica nacional no Ministério das Cidades (e posteriormente nos estados) de apoio aos municípios. A atribuição seria de desenvolvimento de padrões de projetos e planos e capacitação em diferentes níveis de governo, nas entidades de financiamento (Caixa Econômica Federal) e para profissionais da área.
- Fundo de investimento já existente ou específico para financiar o plano de drenagem e as obras nos padrões técnicos. Estimou-se em 2005 que o investimento seria de cerca de R\$ 21 bilhões, que distribuídos em 24 anos, anualmente seria inferior a 0,2% do Produto Interno Bruto (PIB). O processo seria de investimento nas cidades maiores (> 500 mil habitantes e 25% da população brasileira), seguido para as de 100 mil a 500 mil e depois para as demais.

Este tipo de política permite criar um programa que a longo prazo minimiza todos os impactos identificados e permita investimentos mais seguros na solução de longo prazo do problema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS. Adams County Development Standards and Regulations. *Chapter 9: Storm Drainage and Erosion Control Design and Technical Criteria*. 2005. Disponível em: <<http://www.co.adams.co.us>>. Acesso em: ago. 2006.

ADASA. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br>>. Acesso em: 22 dez. 2008.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. *Técnicas compensatórias em drenagem urbana*. Porto Alegre/RS: ABRH, 2005. 266 p.

BEECHAM, S.; HOURIGAN, P.; WELLS, J.; BRISBIN, S. *Estimating the Treatment and Performance and OSD Characteristics of Both Proprietary and Non-proprietary WSUD Systems at Castle Hill in Sydney*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER SENSITIVE URBAN DESIGN 2004. 2004.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997.

_____. Presidência da República. Casa Civil. *Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000*. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Brasília, 2000.

_____. *Planilha da população*. 2010. Disponível em: <http://www.portalbrasil.net/brasil_populacao.htm>.

_____. *Lei Federal de Saneamento nº 11.445, de janeiro de 2007*. Brasília, 2007.

BROWN, T.; CARACO, D. Channel Protection. *Water Resources Impact*, v. 16, Nov. 2001.

CAESB. Companhia de Saneamento ambiental do Distrito Federal. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br>>. Acesso em: 27 dez. 2008.

CARMONA, M.. *Gestão da drenagem Urbana em Porto Alegre*. Monografia do Programa de Gestão de Águas e Resíduos na cidade em Cooperação com Itália. Brasília: Ministério das Cidades, 2008.

CONCREMAT. *Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal*. Concremat Engenharia Distrito Federal, 2009.

COOMBES, P. J.; FROST, A.; KUCZERA, G.; O'LOUGHLIN, G.; LEES, S. Rainwater tank options for stormwater management in the Upper Parramatta River Catchment. In: *27th Hydrology and Water Resources Symposium*. 2002.

CRUZ, M.; TUCCI, C. E. M. Avaliação dos cenários de planejamento na drenagem urbana: Porto Alegre. *RBRH*, v. 2, n. 2, 2007.

DELETIC, A. The first flush load of urban surface runoff. In: *Water Research*, v. 32, Issue 8, p. 2462-2470, August 1998.

DF. Distrito Federal. *Substitutivo ao Projeto de Lei nº 1.019/2008*. Câmara Legislativa Distrital. Dezembro, 2008.

EMBRAPA. *Mapeamento e área urbanizada no Brasil*. 2008. Disponível em <<http://www.urbanizacao.cnpemembrapa.br/conteudo/discussao.html>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

FAULKNER, B. The control of surface water runoff from new development - UK national 'policy' in need of review? *Urban Water*, v. 1, Issue 3, pg. 207-215, September, 1999.

GRATIOT. *Administrative Guidelines for Storm Water Management Requirements and General Compliance Guidelines for Storm Water Drainage System Design for Development and Redevelopment within Gratiot County*. 2005. Disponível em: <<http://www.co.gratiot.mi.us>>. Acesso em: jul. 2006.

GUARULHOS. *Código de Obras do Município de Guarulhos: Lei nº 5,617, de 9 de novembro de 2000*, Município de Guarulhos. 2000.

GUPTA, K.; SAUL, A. J. Specific relationships for the first flush load in combined sewer flows. *Water Research*, v. 30, Issue 5, p. 1244-1252, May 1996.

IBGE. *Censo Demográfico 2000*. Características da população e domicílios. IBGE: Rio de Janeiro, 2001.

IBRAM. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – Brasília Ambiental. Disponível em: <<http://www.ibram.df.gov.br>>. Acesso em: 21 dez. 2008.

IPEA. Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicadas. *Diagnósticos do Serviço de Águas e Esgotos 2001*. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PNSS). Brasília, 2002.

IPH. *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre Fase I*. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. UFRGS, Departamento de Esgotos Pluviais Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2001.

_____. *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Caxias do Sul*. Instituto de Pesquisas Hidráulicas UFRGS. Prefeitura Municipal de Caxias do Sul. 2003.

JUSTEN FILHO, Marçal. *Teoria Geral das Concessões de Serviço Público*. São Paulo: Dialética, 2003.

LEOPOLD, L. B. *A view of the river*. Cambridge: Harvard University Press, 1994. 297 p.

LILLE. Reglement D'assainissement. Lille Metropole. Article 19: *Rejet au milieu naturel superficiel de l'excédent non infiltrable*. 2004. Disponível em: <<http://www.lillemetropole.fr>>. Acesso em: jul. 2006.

MAcRAE, C. *An Alternative Design Approach for the Control of Instream Erosion Potential in Urbanizing Watersheds*. In: PROCEEDINGS OF SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN STORM DRAINAGE. Niagara Falls, Ontario. 1993.

METCHOSIN. Bylaw nº 467: For the Protection and Management of Rain Water. 4.4 Rain Water Detention Facilities. 2003. District of Metchosin. Disponível em: <<http://www.district.metchosin.bc.ca>>. Acesso em: ago. 2005.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. *Termo de Referência do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Nova Friburgo*. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.

NICHOLAS, D. I. On-site stormwater detention: Improved implementation techniques for runoff quantity and quality management in Sydney. *Water Science and Technology*, v. 32, Issue 1, p. 85-91, 1995.

NOVACAP. Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil. *Estatuto da Novacap*. Novacap: Distrito Federal: Novacap, 1998.

OAK CREEK. *Design Manual – Chapter 4 – Storm Water Management.pdf*. City of Oak Creek. Engineering Department. 2005. Disponível em: <<http://www.oakcreekwi.org>>. Acesso em: ago. 2006.

O'LOUGHLIN, G.; BEECHAM, S.; LEES, S.; ROSE, L.; NICHOLAS, D. On-site stormwater detention systems in Sydney. *Water Science and Technology*, v. 32, Issue 1, p. 169-175, 1995.

O'LOUGHLIN, G.; NGUYEN, V.; BEWSHER, D.; LEES, S. *Refining On-Site Stormwater Detention Practice in Sydney*. In: NOVATECH 98' CONFERENCE. Lyon. 1998.

PEREIRA, P. R. G. *Suporte metodológico de apoio à tomada de decisão no processo de outorga dos direitos de uso de recursos hídricos: aplicação para o caso da Bacia do Lago Descoberto (Distrito Federal/Goiás)*. Dissertação (Mestrado)–Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Universidade de Brasília, DF, 2000.

POISSY. *Dispositions applicables à les zones. Desserte Par Les Reseaux*. 2) Assainissement. c) Définition des débits de pointe acceptables rejetés vers les réseaux pluviaux ou unitaires. Ville de Poissy. 2005. Disponível em: <<http://www.ville-poissy.fr>>. Acesso em: set. 2006.

REZENDE, B.; TUCCI, C. E. M. *Análise hidráulica e hidrológica dos problemas de inundação urbana na cidade de Estrela, RS*. Relatório Técnico, p. 29, 1979.

RHAMA; ECOPRIME; SCHETTINI. *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Campo Grande*. Rhama Ecoprime, Schettini Prefeitura Municipal de Campo Grande. Vol 8. Campo Grande, 2009.

ROESNER, L. A.; TRAINA, P. Overview of federal law and USEPA regulations for urban runoff. *Water Science & Technology*, v. 29, n 1-2, p. 445-454, 1994.

SCHUELLER, T. *Controlling Urban Runoff: a practical manual for planning and designing urban BMPS*. Washington, DC: Washington Council of Governments, 1987.

SCOTT, P.; SANTOS, R.; ARGUE, J. R. Performance, environmental and cost comparisons of onsite detention (OSD) and onsite retention (OSR) in re-developed residential catchments. *Water Science and Technology*, V. 39, Issue 2, p. 33-41, 1999.

SCS. Soil Conservation Service. *Urban Hydrology for Small Watersheds*. Washington. U.S.: Dept. Agr, 1975. (Technical Release n. 55).

SEATTLE. *Drainage Review/Requirements*. Seattle Department of Transportation. City of Seattle. Seattle Public Utilities. 2002. Disponível em: <<http://www.seattle.gov>>. Acesso em: ago. 2006.

SECHELT. *Synopsis of the Regulations and Standards*. District of Sechelt. (Subdivision and Control Bylaw 430. 2004. Disponível em: <<http://www.district.sechelt.bc.ca>>. Acesso em: dez. 2005.

SEDUMA. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.desuma.df.gov.br>>. Acesso em: 20 dez. 2008.

SCHOLL, J. E. 1991. *Stormwater Management Utility Billing Rate Structure*. Water Environment & Technology January, 1991.

SIMONS, D. B. et al. *Flood flows, stages and damages*. Fort Collins: Colorado State University. 1977.

SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Medidas não-estruturais. *Plano Diretor de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba*. CH2MHILL Engenharia do Brasil Ltda., 2002.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)*, v. 7, n. 1, jan./mar. 2002.

_____. Águas Urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. *Inundações Urbanas da América do Sul*. Porto Alegre: ABRH/GWP, 2003. Capítulo 2.

_____. *Programa de Drenagem Sustentável: apoio ao Desenvolvimento do Manejo das Águas Pluviais Urbanas – versão 2.0* Ministério das Cidades: Brasília, 2005.

_____. *Inundações urbanas*. Porto Alegre: ABRH/Rhama, 2007. 356 p.

_____. *Integrated Urban Water Management in Large Cities A Practical Tool for Assessing Key Water Management Issues in the Large Cities of the Developing World* (draft) World Bank. 186 p.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. Cenário de Gestão da Água no Brasil: uma contribuição para a visão Mundial da água. *RBRH*, v. 5, n. 3. 2000.

TUCCI, C. E. M.; MELLER, A. Regulação das Águas Pluviais Urbanas. *Rega*, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 75-89, 2007.

UN. Urban and Rural. 2009. Disponível em: <http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007/2007urban_rural.htm>. Acesso em: 16 jan. 2009.

URBONAS, B.; ROESNER, L.A. Hydrologic Design for Urban Drainage and Flood Control. In: MAIDMENT, D. R. (Ed.). *Handbook of Hydrology*. 1993.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. *Office of Water. Investigation of Inappropriate Pollutant Entries into Storm Drains Systems: a User's Guide* EPA/600/R-92/238. Washington D.C. 1993.

_____. United States Environmental Protection Agency. *Guidance specifying Management Measures for Sources of Nonpoint Pollution in Coastal Waters*. Environmental Protection Agency. EPA 840-B-92-002. Washington, D. C., 1993a. Disponível em: <<http://www.epa.gov/owow/nps/MMGI/index.html>>. Acesso em: ago. 2006.

_____. United States Environmental Protection Agency. *Results of Nationwide Urban Runoff Program*. Water Planning Division. Vol. 1. Washington, D.C. 1993b.

_____. United States Environmental Protection Agency. *Low Impact Development (LID): A Literature Review*. 35p. Washington D.C. 2000. Disponível em agosto de 2006: <<ftp://lowimpactdevelopment.org/pub>>.

WAINE. *Stormwater Ordinance Summary and Administrative Rules*. Department of Environment of Wayne County. March, 2005. Disponível em: <<http://www.waynecounty.com>>. Acesso em: nov. 2006.

WILKEN, P. *Engenharia de drenagem superficial*. São Paulo: Cetesb, 1978.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris: Unesco; London: Earthscan, 2009.

WORLD BANK. *World Development Report 2009. Reshaping Geography Economic*. World Bank, 2009.



NAÇÕES UNIDAS

CEPAL

ipea