

**Ciência e Cultura**

**Print ISSN 0009-6725**

**Cienc. Cult. vol.55 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2003**

## **DRENAGEM URBANA**

**Carlos E. M. Tucci**

O ciclo hidrológico sofre fortes alterações nas áreas urbanas devido, principalmente, à alteração da superfície e a canalização do escoamento, aumento de poluição devido à contaminação do ar, das superfícies urbanas e do material sólido disposto pela população. Esse processo apresenta grave impacto nos países em desenvolvimento, onde a urbanização e as obras de drenagem são realizadas de forma totalmente insustentável, abandonada pelos países desenvolvidos já há trinta anos.

Neste artigo são apresentados os principais impactos de quantidade e de qualidade produzidos na drenagem, as medidas de controle atuais, as medidas sustentáveis a serem perseguidas no país e por um Plano Diretor de Drenagem Urbana, mecanismo de implementação das medidas sustentáveis na drenagem.

**IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO URBANO NA DRENAGEM** A urbanização produz grande impermeabilização do solo. Esta relação pode ser obtida relacionando a área impermeável ( $A_i$ ) e a densidade habitacional ( $D_h$ ),  $AI$  (em %) =  $0,489 D_h$  para  $D_h$  120 hab/hectare e constante para valores superiores. Equação obtida com base em dados de São Paulo, Curitiba e Porto Alegre (1).

A vazão máxima de uma bacia urbana aumenta com as áreas impermeáveis e com a canalização do escoamento. A vazão máxima unitária (1mm de precipitação) pode ser estimada com base na  $AI$  através de (dados de 12 bacias brasileiras), onde  $Q_p$  é obtido em  $m^3/s$  e  $A$ , área da bacia em  $km^2$  (2).

Pode-se observar dessas equações que o aumento da vazão máxima depende da impermeabilização do solo e da ocupação da bacia pela população (3). O aumento relativo pode ser superior a seis vezes com a relação à situação de pré-desenvolvimento. Este aumento ocorre em detrimento da redução da evapotranspiração e do escoamento subterrâneo e da redução do tempo de concentração da bacia.

O impacto sobre a qualidade da água é resultado do seguinte: (a) poluição existente no ar que se precipita junto com a água; (b) lavagem das superfícies urbanas contaminadas com diferentes componentes orgânicos e metais; (c) resíduos sólidos representados por sedimentos erodidos pelo aumento da vazão

(velocidade do escoamento) e lixo urbano depositado ou transportado para a drenagem; (d) esgoto cloacal que não é coletado e escoado através da drenagem. A carga de contaminação dos três primeiros itens pode ser superior à carga resultante do esgoto cloacal sem tratamento. Deve-se considerar de 90% da carga do escoamento pluvial ocorre na fase inicial da precipitação (primeiros 25 mm). Em Curitiba, na bacia do rio Belém (42 km<sup>2</sup>) que drena o centro da cidade, com cerca de 60% de áreas impermeáveis mostrou um aumento de seis vezes na vazão média de inundação com relação às suas condições rurais (4).

**DESENVOLVIMENTO URBANO** O grande desenvolvimento urbano no Brasil ocorreu no final dos anos 1960 até o final dos anos 1990, quando o país passou de 55 % de população urbana para 76 % (5). Esta concentração de população ocorreu principalmente em grandes metrópoles com aumento da poluição e da frequência das inundações em função da impermeabilização e da canalização. Nos últimos anos, o aumento da população urbana ocorre principalmente na periferia das metrópoles, ocupando áreas de mananciais e de risco de inundação e de escorregamento. Este processo descontrolado atua diretamente sobre as inundações pela falta de infra-estrutura e da capacidade que o poder público possui para cobrar a legislação.

**MEDIDAS ATUAIS DE CONTROLE** A política existente de desenvolvimento e controle dos impactos quantitativos na drenagem se baseia no conceito de *escoar a água precipitada o mais rápido possível*. Este princípio foi abandonado nos países desenvolvidos no início da década de 1970 (6). A consequência imediata dos projetos baseados neste conceito é o aumento das inundações a jusante devido à canalização. Na medida em que a precipitação ocorre, e a água não é infiltrada, este aumento de volume, da ordem de seis vezes (7), escoado pelos condutos. Para transportar todo esse volume, é necessário ampliar a capacidade de condutos e canais ao longo de todo o seu trajeto dentro da cidade até um local onde o seu efeito de ampliação não atinge a população. A irracionalidade dos projetos leva a custos insustentáveis, podendo chegar a ser dez vezes maior do que o custo de amortecer o pico dos hidrogramas e diminuir a vazão máxima para jusante através de uma detenção. Portanto, o paradoxo é que países ricos verificaram que os custos de canalização e condutos eram muito altos e abandonaram esse tipo de solução (início dos anos 1970), enquanto países pobres adotam sistematicamente essas medidas, perdendo duas vezes: custos muito maiores e aumento dos prejuízos. Por exemplo, no rio Tamanduateí o custo da canalização foi de US\$ 50 milhões/km (com retorno das inundações), enquanto que no rio Arrudas, em Belo Horizonte, chegou a US\$ 25 milhões/km (logo após sua conclusão sofreu inundações), ambos valores muito elevados.

**CONTROLE MODERNO E SUSTENTÁVEL** As medidas de controle podem ser classificadas de acordo com o componente da drenagem em medidas:

- *na fonte*: que envolve o controle em nível de lote ou qualquer área primária de desenvolvimento;
- *na microdrenagem*: medidas adotadas em nível de loteamento
- *na macrodrenagem*: soluções de controle nos principais rios urbanos.

Essas medidas são adotadas de acordo com o estágio de desenvolvimento da área em estudo. As principais medidas sustentáveis na fonte têm sido: a detenção de lote (pequeno reservatório), que controla apenas a vazão máxima; o uso de áreas de infiltração para receber a água de áreas impermeáveis e recuperar a capacidade de infiltração da bacia; os pavimentos permeáveis. Estas duas últimas medidas minimizam também os impactos da poluição.

As medidas de micro e macrodrenagem são as detenções e retenções. As detenções são reservatórios urbanos mantidos secos com uso do espaço integrado à paisagem urbana, enquanto que as retenções são reservatórios com lâmina de água utilizados não somente para controle do pico e volume do escoamento, como também da qualidade da água. Atualmente, a maior dificuldade no projeto e implementação dos

reservatórios é a quantidade de lixo transportada pela drenagem que obstrui a entrada dos reservatórios. Os volumes necessários para o amortecimento devido à urbanização (alta impermeabilização) são da ordem de 420 a 470 m<sup>3</sup>/ha (8). Considerando uma profundidade média de 1,5 m, a área necessária é da ordem de 3% da área total da bacia de drenagem urbanizada.

**PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA** Para implementar medidas sustentáveis na cidade é necessário desenvolver o Plano Diretor de Drenagem Urbana. O Plano se baseia em princípios onde os principais são os seguintes: (a) os novos desenvolvimentos não podem aumentar a vazão máxima de jusante; (b) o planejamento e controle dos impactos existentes devem ser elaborados considerando a bacia como um todo; (c) o horizonte de planejamento deve ser integrado ao Plano Diretor da cidade; (d) o controle dos efluentes deve ser avaliado de forma integrada com o esgotamento sanitário e os resíduos sólidos.

O Plano Diretor deve ser desenvolvido utilizando medidas não-estruturais (principalmente a legislação) para os novos desenvolvimentos (loteamentos e lotes) e medidas estruturais por sub-bacia urbana da cidade. Neste último caso, são projetadas as medidas para evitar os impactos já existentes na bacia para um horizonte de desenvolvimento econômico e para um risco de projeto. Geralmente, a combinação de detenção (ou retenção) com a ampliação da capacidade de escoamento que minimize o custo, tem sido adotada. O custo de uma detenção urbana aberta é da ordem de R\$110/m<sup>3</sup>, enquanto que numa detenção fechada o custo aumenta em sete vezes. A alternativa de detenção fechada só deve ser adotada quando fisicamente não é possível o uso de uma detenção aberta. O aumento de escoamento por condutos ou canais é utilizado apenas para compatibilizar os locais de amortecimento, pois seu custo é ainda superior aos anteriores. Para áreas muito densificadas o custo médio das medidas estruturais é da ordem de R\$ 1,5 – 2 milhões/km<sup>2</sup>, reduzindo para menos de R\$ 1 milhão em áreas onde, em parte, é possível utilizar medidas não-estruturais.

A principal medida não-estrutural é a legislação para controle dos futuros desenvolvimentos. Essa legislação pode ser incorporada no Plano Diretor Urbano ou em decretos municipais específicos. A prefeitura de Porto Alegre introduziu no Plano Diretor Urbano e Ambiental artigo que obriga aos novos empreendedores a amortecer o aumento da vazão em função da urbanização. Foi proposto um artigo de lei para o controle na fonte (desenvolvimento dos lotes) que induz o usuário ao uso das medidas na fonte (8).

**CONCLUSÕES** Os prejuízos devidos às inundações na drenagem urbana nas cidades brasileiras têm aumentado exponencialmente, reduzindo a qualidade de vida e o valor das propriedades. Este processo é decorrência da urbanização e a conseqüente impermeabilização junto com a canalização do escoamento pluvial. As obras e o controle público da drenagem têm sido realizados por uma visão local e setorializada dos problemas, gerando mais impactos do que os pré-existentes e desperdiçando os recursos existentes nas cidades. A defasagem técnica dos profissionais e a falta de regulamentação da transferência de impactos dentro das cidades, o limitado conhecimento dos decisores sobre o assunto são as principais causas dessas perdas. O aspecto mais sério desse problema é que os órgãos financiadores continuam defasados tecnicamente e não aceitam os investimentos sustentáveis, além de muitas escolas de engenharia civil e sanitária ainda ensinarem soluções inadequadas, com graves prejuízos para a população.

Para mudar esse processo é necessário uma nova geração de engenheiros, arquitetos e projetistas e a atualização da geração existente, para planejar o espaço de forma mais sustentável. Além disso, a legislação de controle é essencial para que os empreendedores sejam convencidos a adotar as medidas na fonte.

*Carlos E. M. Tucci é pesquisador do Instituto de Pesquisas Hidrológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul ( UFRGS) e ex-secretário do Fundo Setorial de Recursos Hídricos, do Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE), com sede em Brasília.*

### **Referências bibliográficas**

1. Campana, N.; Tucci, C.E.M. "Estimativa de área impermeável de macrobacias urbanas", *Caderno de Recursos Hídricos* V12 n°2 p19-94. 1994. [ [Links](#) ]
2. Tucci, C.E.M. "Parâmetros do Hidrograma Unitário para bacias urbanas brasileiras". Artigo submetido à RBRH. 2002. [ [Links](#) ]
3. Leopold, L.B. *Hydrology for urban planning - A guide book on the hydrologic effects on urban land use*. USGS circ. 554, 18p. 1968. [ [Links](#) ]
4. Tucci, C.E.M. Estudos Hidrológicos – Hidrodinâmicos do rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba. Prosan-Suceam Curitiba 2 volumes. 1996. [ [Links](#) ]
5. FGV. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Fundação Getúlio Vargas, Secretaria de Recursos Hídricos, MMA. 1998. [ [Links](#) ]
6. Urbonas, B.; Stahre, P. *Stormwater best management practices and detetion*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 450p. 1993. [ [Links](#) ]
7. Tucci, C.E.M. "Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas". RBRH V5 n°1 p. 61-68. 2000. [ [Links](#) ]
8. IPH. Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre, 1ª fase. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. UFRGS. Departamento de Esgotos Pluviais da PMPA. 2001. [ [Links](#) ]

© 2008 *Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência*

Universidade Estadual de Campinas  
Labjor - Reitoria V - 3º Piso  
CEP: 13083 - 970 Campinas SP Brasil  
Tel: (19) 3289 3120 / 3788 7165  
Fax: (19) 3788 7857

[cienciaecultura@sbpcnet.org.br](mailto:cienciaecultura@sbpcnet.org.br)