Elementos para o controle da drenagem urbana

Carlos E. M. Tucci

Instituto de Pesquisas Hidráulicas Universidade Federal do Rio Grande do Sul Av. Bento Gonçalves, 9500 PORTO ALEGRE, RS <u>Tucci@if.ufrgs.br</u>

Resumo: O desenvolvimento urbano produz aumento da vazão durante o escoamento pluvial devido a impermeabilização das superfícies e a canalização do escoamento. O controle deste impacto para as áreas de jusante necessita ser realizado na fonte para futuros desenvolvimentos na cidade, evitando-se impactos e conflitos. Este controle pode ser realizado a nível de lote quando já ocorreu desmembramento dos mesmos ou a nível de loteamento quando a proposta de empreendimento se refere a um novo loteamento.

O principal critério de controle é o de limitar a vazão de saída dos novos empreendimentos a vazão anterior ao seu desenvolvimento. Desta forma, as novas construções não ampliariam para jusante o efeito da sua ocupação. Para que isto ocorra é necessário que a legislação municipal e/sua regulamentação através de decreto preveja este dispositivo para que o município possa exigir dos novos proprietário este controle.

As medidas legais dentro do município devem ser simples objetivas, viáveis e de fácil fiscalização para que sejam obedecidas. Neste artigo são apresentados critérios utilizados para estas definições da vazão e volume de controle em áreas urbanas e, em específico na cidade de Porto Alegre. Os critérios propostos estabelecem os limites, a forma de obtê-los na prática, as bases de projeto e o elementos legal proposto.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano através de superficies impermeáveis e canalização do escoamento pluvial aumenta de forma significativa o escoamento superficial. O somatório deste aumento produz inundações freqüentes nas áreas de jusante dos riachos urbanos e ao longo de grande parte da rede de drenagem.

Para resolver este tipo de problema o poder público tem investido somas consideráveis de recursos em obras de canalização, que na realidade tendem a agravar o problema pela amplificação para jusante das vazões máximas.

As medidas de controle sustentáveis buscam o controle do escoamento na fonte (Tucci e Genz, 1995) através de recuperação da capacidade de infiltração ou da detenção do escoamento adicional gerada pelas superfícies urbanas. O princípio fundamental deste controle é o de que qualquer novo empreendimento deve manter as condições naturais pré-existentes de vazão para um determinado risco definido (ABRH, 1995; Tucci e Genz, 1995).

Neste artigo são apresentados os elementos para a definição da vazão de pré-desenvolvimento a nível municipal e, quando a alternativa para o controle for detenção, o volume equivalente necessário para manter a vazão referida. Além dos elementos hidrológicos de dimensionamento, são apresentados os elementos hidráulicos da dispositivo e uma proposta de dispositivo legal associado para o município de Porto Alegre.

VAZÃO DE PRÉ-DESENVOLVIMENTO

A vazão de pré-desenvolvimento corresponde as condições mais próximas das situação natural. Em princípio, esta vazão deve ser mantida após o desenvolvimento urbano. Para a definição desta vazão é necessário estabelecer critérios simples que sejam aplicáveis de forma geral na cidade, sem prejuízo do seu controle.

Não é possível esperar que seja realizado um estudo hidrológico para determinar esta vazão para cada novo empreendimento de pequenas áreas como lotes ou mesmo loteamentos de pequenas áreas. Neste estudo é realizada a análise para determinação da vazão específica de prédesenvolvimento que seria adotada pela Prefeitura para toda a cidade, simplificando a regulamentação do controle.

A vazão pode ser obtida pelo Método Racional pela expressão

$$Q = 0.278 C I A$$
 (1)

onde Q= vazão máxima em m^3/s , I= intensidade da precipitação em mm e A= área da bacia em km^2 . Esta equação pode ser expressa na forma de vazão específica natural em

$$q_n = \frac{Q}{A} = 2,78.C.I$$
 (2)

onde q_n é obtido em 1/(s.ha).

Esta equação depende de C, coeficiente de escoamento e I, intensidade da precipitação em mm /h.

Coeficiente de escoamento

O coeficiente de escoamento de uma bacia de superfícies variáveis pode ser estimado pela ponderação do coeficiente de diferentes superfícies. Considerando uma bacia urbana onde podem existir dois tipos de superfícies: permeável e impermeável é possível estabelecer que:

$$C = C_p + (C_i - C_p).AI$$
 (3)

onde C_p é o coeficiente de escoamento de área permeável da bacia; A_p é a área da bacia com superfície permeável; C_i é o coeficiente de escoamento de uma área impermeável; A_i é a parcela da bacia com área impermeável.

Coeficiente médio: O coeficiente de escoamento pode ser expresso por uma relação linear com a taxa de áreas impermeáveis, onde os coeficientes representam os valores das áreas permeável e impermeável. A influência de AI depende da diferença entre os coeficientes, como se observa no segundo termo da equação.

Com base em 44 pequenas bacias urbanas americanas (Schueler,1987) foi obtida a relação

$$C = 0.05 + 0.9 I$$
 (4)

Esta equação foi obtida com $R^2 = 0.71$.

Urbonas et al (1990) utilizaram dados de 60 bacias urbanas dos Estados Unidos e obtiveram

$$C = 0.858.AI^3 - 0.78.AI^2 + 0.774AI + 0.04$$
 (5)

para R²=0,72

Como os dados utilizados se referem a 2 anos de dados para as duas equações anteriores, provavelmente o coeficiente se refere a uma precipitação com risco de mesma ordem (Urbonas e Roesner, 1992).

Neste caso, para a equação 5, $C_i - C_p = 0.9$, $C_p = 0.05$, $C_i = 0.95$. O resultado do ajuste mostra que o coeficiente de áreas impermeáveis é de 0.95, devido a uma perda de 5%, que pode ser devido a: imprecisão da estimativa das áreas impermeáveis; infiltração das juntas das superfície e mesmo evaporação de superfícies quentes. Na equação 3 $C_p = 0.04$.

No Brasil não existe uma amostra deste tamanho de bacias urbanas, mas com a amostra disponível, Tucci (2000) apresentou a seguinte equação

$$C = 0.047 + 0.9.AI$$
 (6)

Os dados utilizados foram de 11 bacias selecionadas ($R^2 = 0.92$) segundo os seguinte critérios:

- bacias com pelo menos cinco eventos;
- valores consistentes de áreas impermeáveis;
- valores consistentes quanto aos eventos hidrológicos.

Considerando que C_i representa o coeficiente de escoamento de uma parcela urbanizada, o valor de 0,95 obtido retrata principalmente superfícies de asfalto e concreto onde o valor é próximo do limite superior.

Adicionalmente deve-se considerar que o próprio coeficiente de escoamento não é um valor fixo, mas varia com a magnitude das enchentes (Urbonas e Roesner, 1992), condições iniciais, características da distribuição da precipitação, tipo de solo, entre outros. Numa bacia rural o valor do coeficiente de escoamento não é sempre o correspondente a $C_{\rm p}$ = 0,047, mas varia de acordo com condicionantes físicos. Estas equações permitem uma estimativa média deste valor para um tempo de retorno baixo, já que os eventos utilizados nos cálculos são freqüentes.

Para tempos de retorno maiores o coeficiente de escoamento provavelmente é maior já que as perdas são proporcionalmente menores, gerando mais escoamento.

Tucci (2000) apresentou o uso da equação do SCS para definir o coeficiente de escoamento. O valor de C_p na equação 3 representa o coeficiente de escoamento de uma superfície permeável pode

ser estimada com base na equação do SCS (SCS, 1975)

$$C_p = \left[\frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}\right] \cdot \frac{1}{P}$$
 (7)

onde P é a precipitação total do evento em mm; S é o armazenamento, que está relacionado com o parâmetro que caracteriza a superfície (CN) por

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \tag{8}$$

O valor de CN depende do tipo de solo e características da superfície.

A precipitação total do evento para o método racional é

$$P = I. t_c (9)$$

onde I é a intensidade em mm/h e t_{c} o tempo de concentração em horas.

Na tabela 1 são apresentados alguns valores de Cp para precipitação de 1h e 10 anos de tempo de retorno de Porto Alegre. A bacia do Dilúvio, na qual grande parte das bacias analisadas tem predominância dos solos A, B e C.

Devido a grande variabilidade deste coeficiente e a necessidade de definir um valor padrão único, utilizou-se o coeficiente de escoamento C = 0,15, que representa um valor intermediário entre os solos A, B e C e dentro dos valores citados na tabela 2. Como os valores das equações 2, 3 e 4 se referem a riscos inferiores ou iguais a dois anos é de se esperar que uma cheia de 10 anos corresponda a um coeficiente maior.

O tempo de retorno de 10 anos se refere ao risco adotado para o controle da macrodrenagem e o controle dos novos desenvolvimentos devem ser compatíveis com este risco.

Tabela 1 Valores de C_p

Tipo de solo	Campo perma-	Florestas es-
	nentes normais	parsas
A	0	0,006
В	0,028	0,094
C	0,156	0,237
D	0,256	0,367

Tabela 2 Valores de Cp

Fonte	C _p
Grama (solo arenoso) ASCE, 1992	0,05 a 0,20
Grama (solo pesado) ASCE, 1992	0,13 a 0,35
Matas, parques e campos de esporte, Wilken	0,05 a 0,20
(1978)	
Equação Schueller (1987) (USA, 44 bacias)	0,05
Equação Urbonas (1990) (USA, 60 bacias)	0,04
Equação Tucci (2000) (Brasil, 11 bacias)	0,047
Usando Soil Conservation Service (tabela 1)	0,0 a 0,367

Intensidade da precipitação

A intensidade da precipitação é estimada de acordo com duração ou o tempo de concentração da bacia e do tempo de retorno. Quanto menor o tempo de concentração, maior a intensidade e maior será a vazão específica média a ser adotada. Da mesma forma, quanto maior o tempo de retorno, maior será a vazão específica natural. Valores altos de vazão específica natural implicam em menor volume de controle para cada local.

Utilizando a curva de intensidade x duração e freqüência da Redenção (Porto Alegre), que apesar de ter sido extinta possui uma série mais ex-

tensa e representa uma área mais central da cidade.

A duração da precipitação está relacionada com o tempo de concentração da área projetada. Admite-se que a área máxima no qual a equação será utilizada será de 100 ha. O tempo de concentração pode variar muito em função da declividade, comprimento do dreno principal, obstruções ao escoamento, entre outros. A medida que a área da bacia diminui a intensidade da precipitação aumenta juntamente com a vazão específica. Portanto, não existe um único valor para a vazão específica, mas um valor de compromisso entre as áreas maiores e menores, tendo como objetivo final o controle da bacia maior.

Utilizou-se o critério que a vazão específica a ser controla se refere a macrobacia urbana, correspondente a 100 ha. Este limite de área se refere principalmente a utilização da equação do método Racional utilizada neste estudo. O tempo de concentração para uma bacia desta ordem foi estimado em 1 h (velocidade média da bacia da ordem de 0,4 m/s e uma bacia retangular com comprimento cerca de do dobro da largura). Para o tempo de retorno de 10 anos resultou a vazão específica de 20,8 l/(s.ha).

Os números utilizados são discutíveis e outros critérios podem ser utilizados, portanto não existe uma única solução, mas valores adequados que permitam o controle. Considerando que a vazão específica obtida seja obedecida em todas as propriedades ou sub-áreas dentro da bacia de 100 ha, não existe garantia total que a vazão final da área será menor que a vazão $Q = 100 \times 20,8 = 2.080$ l/s, mas é provável que esteja na vizinhança deste valor.

Os valores adotados em algumas cidades são: Seatle (USA) é de 14 l/(s.ha). O valor específico para 10 anos em Denver USA é q_{10} =16,7 l/(s.ha) (Urbonas, 1999).

VOLUME DE CONTROLE

O volume de controle para pequenas áreas urbanas ($< 2 \ km^2$) pode ser estimada com base na seguinte equação

$$V = (Q_u - Q_n). t.k$$
 (10)

onde V é o volume em m^3 ; Q_n é a vazão de prédesenvolvimento em m^3/s ; Q_u é a vazão resultado do desenvolvimento urbano; t é duração em minutos e k=60 para conversão de unidades.

A vazão devido ao desenvolvimento urbano é estimada pela equação 1. A vazão de prédesenvolvimento foi estimada no item anterior através da sua vazão específica. No entanto, transformando a equação 10 em volume específico, ou seja volume por unidade de área, resulta

$$\frac{V}{A} = [0,278.C.I - q_n).60.t$$
 (11)

O coeficiente de escoamento pode ser estimado de acordo com as áreas impermeáveis com $C_p \! = \! 0.15$, resulta

$$C = 0.15 + 0.80.AI$$
 (12)

A intensidade da precipitação pode ser representada pela equação

$$I = \frac{a}{(t+b)^d} \tag{13}$$

Substituindo na equação do volume específico resulta

$$v = (\frac{0.278.C.a}{(t+b)^d} - qn).60.t$$
 (14)

Substituindo a equação 13, os coeficientes da equação 12 para Porto Alegre e tempo de retorno de 10 anos (a= 1426,66, b=12, d= 0,7843), o valor de qn (= 2,08) do item anterior, resulta para a equação 14 o volume específico a expressão seguinte:

$$v = \left[\frac{59,49 + 317,29.AI}{(t+12)^{0,7843}} - 2,08\right].60.t$$
 (15)

Esta expressão varia em função da duração t. O volume máximo será obtido derivando a equação 15 e igualando a zero. A duração t obtida desta expressão fica

$$t = \frac{(t+12)}{0.7843} \left[1 - \frac{2,08(t+12)^{0,7843}}{59.49 + 317.29.AI} \right]$$
 (16)

O tempo de duração t é determinado por iteração para a equação 16. Substituindo na equação 15, obtém-se o volume máximo correspondente Utilizando os dados de Porto Alegre (Posto Redenção) obteve-se os volumes para tempos de retorno variando de 10 anos para área impermeável variando de 5 a 100 %. Na tabela 4 são apresentados os resultados. Os valores foram ajustado a equação seguinte:

$$v = 4.25$$
. AI (17)

com R²= 0,995 e AI a área impermeável em %; v é o volume específico obtido em m³/ha.Na tabela 3 são apresentados alguns valores desta relação.

Para manter a vazão de saída dentro dos limites é necessário projetar reservatórios com características e padrões que permita atender as normas acima citadas. Na tabela 4 são apresentadas as vazões e os diâmetros de acordo com a área dre-

nada. Os diâmetros foram estimados pela equação de Manning

$$D = \left(\frac{3,21.Q.n}{s^{1/2}}\right)^{3/8} \tag{18}$$

onde D é o diâmetro, m; Q = é a vazão, m³/s. A vazão é determinada por Q = 0,0208. A; onde A é a área de drenagem em ha n é a rugosidade, S é a declividade, m/m. Foram adotados n= 0,015 e S = 0,01 m/m. Variantes destes valores podem ser adotados em cada projeto.

Tabela 3 Relação entre volume e área impermeá-

vel	
AI	V
%	m³/ha
10	50,22
20	83,34
30	120,19
40	159,97
50	202,21
60	246,56
70	292,77
80	340,65
90	390,062
100	440,87

O volume correspondente é calculado por

$$V = 4.25 AI . A$$
 (17)

onde A é a área drenada em hectares. Por exemplo, para uma área de 600 m² e 40% de área impermeável é necessário 10,2 m³ de detenção e um diâmetro de no mínimo 62 mm.

ELEMENTOS PARA O MANUAL

A seqüência para a determinação a ser introduzida no manual da cidade envolve o seguinte:

- 1. Determine a área do terreno A em hectares;
- 2. Calcule a vazão Q = 0.0208. A;
- 3. Determine o diâmetro pela equação 18 (em mm):
- Escolha o diâmetro comercial mais próximo do calculado (o diâmetro comercial deve ser menor ou igual ao calculado);
- 5. Considerando que o diâmetro variou, a vazão é reduzida e é equivalente a uma outra área de

drenagem. Neste caso, entre com o diâmetro comercial na figura 1 e determine a área equivalente:

Tabela 4 Diâmetros máximos para determinadas áreas, visando manter a vazão de pré-dimensio-

	namento	
Área	Q	Diâmetro
Há	l/s	mm
0,06	1,248	62
0,07	1,456	65,6
0,08	1,664	69
0,09	1,872	72,1
0,1	2,08	75
0,2	4,16	97,3
0,4	8,32	126,2
0,5	10,4	137,2
0,6	12,48	146,9
0,8	16,64	163,7
1,0	20,8	177,9
2,0	41,6	230,8
3,0	62,4	268,6
4,0	83,2	299,2
5,0	104	325,4
6,0	124,8	348,4
7,0	145,6	369,1
8,0	166,4	388,1
9,0	187,2	405,6
10,0	208	421,9
50,0	1040	771,6
10,0	2080	1000,6

- 6. Determine a área impermeável AI (em %);
- 7. Determine o volume (em m³) pela equação 17 ou pela figura 2.

A padronização envolve a determinação do conjunto diâmetro - volume em função da área do terrreno e da sua área impermeável. Como o diâmetro varia apenas com a área do terreno, podese estabelecer padrões de diâmetro, que se compõem com volumes de diferentes tamanhos.

As características dos reservatórios variam devido a cota do terreno. Para um terreno plano e o conduto da drenagem pluvial pública entre 60 cm e 1 m, a profundidade do reservatório não pode

ser maior que esta dimensão. Portanto, o volume calculado pode ser transformar em área se a pro-

fundidade é de 1m. No item seguinte são discutidos os tipos de reservatórios.

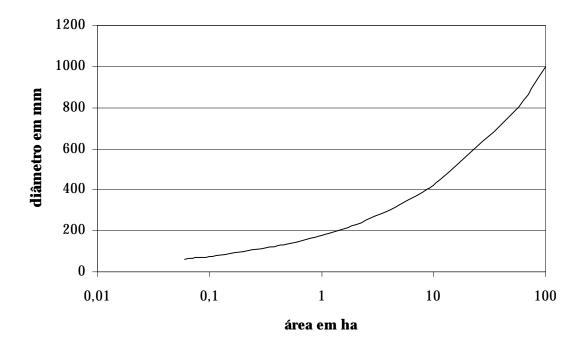


Figura 1 relação entre a área controlada e o diâmetro do conduto que corresponde a vazão de prédesenvolvimento para n=0.015 e S=0.01 m/m

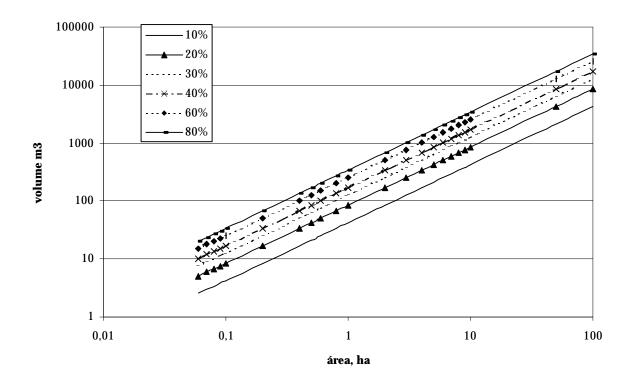


Figura 2 Volume de detenção em função da área controlada para algumas áreas impermeáveis

ELEMENTOS LEGAIS

CARACTERÍSTICAS DA DETENÇÃO

A detenção pode ser construída na fonte ou na saída do loteamento, ou seja de uma área maior.

O primeiro caso, representa o *controle na fonte*. Este tipo de projeto pode ser de dois tipos básicos:

- (a) aberto e adaptado as características do terreno, quando existe bastante área disponível. Este projeto geralmente é mais barato e fica dentro do custo do paisagísmo da obra. Neste caso, a drenagem é realizada na superfície com um estrangulamento de saída, permitindo a inundação de gramados ou mesmo de superfícies pavimentadas;
- (b) enterrado com volume de armazenamento, como apresentado na figura 3. O uso de superfície permeável no fundo não contribui de forma significativa e muitas vezes dificulta a limpeza. Com a entrada de água com algum material em pouco tempo o fundo se colmata tirando a capacidade de infiltração. As paredes podem ser filtrantes, mas geralmente os tempos de infiltração são muito altos para apresentar grande eficiência no armazenamento. O princípio controle enterrado é de utilizar o armazenamento somente quando a capacidade da drenagem de jusante é inferior ao volume de entrada. Deve-se buscar dispositivos que permita a limpeza periódica evitandose a sua perda de eficiência.

O controle na rede de microdrenagem ou loteamento, em princípio, tem a vantagem da escala, pois apenas um reservatório é mais eficiente que o somatório de pequenos reservatórios devido a quantidade de manutenção e do efeito, muitas vezes desconhecido, do comportamento do conjunto dos pequenos reservatórios. As vantagens do controle na fonte são a redução da quantidade de material sólido, redução da rede de drenagem do loteamento e da distribuição da manutenção entre os usuários.

O uso de reservatórios de detenção na fonte geralmente ocorre para áreas já loteadas, enquanto que o reservatório na saída do loteamento é usado para futuros desenvolvimentos. A definição das restrições dentro do arcabouço legal do município é realizado através de legislação municipal ou por regulamentação de dispositivo legal pré-existente. Dependendo dos mecanismos legais pré-existentes dentro do município estas medidas não-estruturais podem ser estabelecidas através de decreto municipal ou por lei municipal. Geralmente estes dispositivos devem estar dentro do contexto do Plano Diretor Urbano ou do Código de Obras

No caso da cidade de Porto Alegre, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental aprovado e assinado no início de 2000 previa o controle da drenagem urbana.

O art. 97 (PDDUA,2000) estabelece uma das principais bases para a regulamentação da drenagem urbana, onde estabelece que nas zonas identificadas como problemáticas deverão ser construídos reservatórios de detenção pluvial. No seu parágrafo único define que será de atribuição do executivo a definição dos critérios através de decreto.

No parcelamento do solo, art. 135, no parágrafo 3º, estabelece os condicionantes do espaço para a drenagem urbana como faixa "não-edificável ", e, no parágrafo 6º, define que os novos empreendimentos devem manter as condições hidrológicas originais da bacia, através de amortecimento da vazão pluvial.

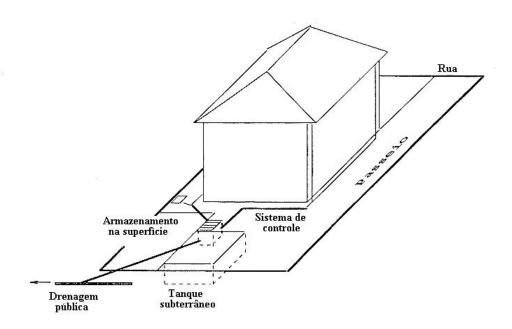
O artigo 136 restringe o parcelamento do solo (I) em terrenos alagadiços e sujeitos a inundação, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas e proteção contra as cheias e inundações e (IV) em terrenos onde as condições geológicas e hidrológicas não aconselham edificações. No parágrafo 1º são definidas as áreas alagadiças nas margens do Guaíba e no parágrafo 5º é transferido para o DEP, Departamento de Esgotos Pluviais a sua definição.

O art. 137 reserva área para os equipamentos urbanos, entre os quais a drenagem urbana.

O artigo 163 **X**, das disposições transitórias destaca a necessidade de decreto do legislativo para a definição e dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais.

Um dos aspectos relacionados com a proteção ambiental e a drenagem urbana se refere a faixa marginal dos arroios urbanos. O Código Florestal prevê a distância de trinta metros da margem dos arroios, definida pela seção de leito menor. No desenvolvimento da cidade não se observa que

este limite tem sido atendido, o que dificulta o controle da infraestrutura da drenagem urbana. Neste sentido, observa-se a necessidade de medidas para atuar sobre a cidade já desenvolvida em com parcelamento aprovado e a cobrança sobre os futuros parcelamentos da cidade.



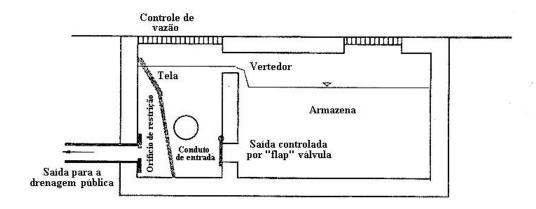


Figura 2 Características dos loteamentos na fonte

Regulamentação proposta

Os princípios da regulamentação proposta para a cidade de Porto Alegre baseiam-se no controle na fonte do escoamento pluvial através do uso de dispositivos que amorteçam o escoamento das áreas impermeabilizadas e/ou recuperem a capacidade de infiltração através de dispositivos permeáveis ou pela drenagem em áreas de infiltração.

Considerando a legislação municipal que institui o PDDUA, analisada no item anterior, a proposta de decreto aqui apresentada regulamenta o artigo 97º como previsto na parágrafo único e artigo 163 das disposições transitórias. Além disso, deve-se destacar que no art. 135 parágrafo 6 do parcelamento do solo, a lei também prevê estas mesmas condições para novos empreendimentos.

Abaixo é apresentada a proposta de decreto municipal para ser avaliada pelo executivo como sugestão para regulamentar os artigos 97 e 135 do Plano de Desenvolvimento Urbano e Ambiental. Esta proposta baseia-se na padronização de elementos básicos para a regulamentação que são:

- a vazão máxima de saída a ser mantida em todos os desenvolvimentos urbanos como novas edificações ou parcelamentos;
- o volume de detenção necessário a manutenção da vazão máxima citada no item anterior;
- deixar espaço para uso de pavimentos permeáveis e outras medidas de controle na fonte da drenagem urbana pelos empreendedores;
- faixa de domínio e condicionantes para novos parcelamentos.

Proposta de decreto

Este texto não foi avaliado juridicamente e não foi ainda aprovado pela Prefeitura de Porto Alegre, portanto deve ser interpretado um texto aproximado para as definições pretendidas.

DECRETO N.

Regulamenta o controle da drenagem urbana

O Prefeito Municipal de, usando de suas atribuições legais e tendo em vista os artigos 97 e 135 da Lei ... de de e considerando que:

- Compete ao poder público prevenir o aumento das inundações devido à impermeabilização do solo e canalização dos arroios naturais;
- O impacto resultante da impermeabilização não produz o aumento de freqüência da inundação, piora da qualidade da água e transporte de material sólido, degradando o ambiente urbano;
- Deve ser responsabilidade de cada empreendedor urbano a manutenção das condições prévias de inundação nos arroios da cidade, evitando transferir para o restante da população o ônus da adequada compatibilização da drenagem urbana;
- A preservação da capacidade de infiltração das bacias urbanas é prioridade para a conservação ambiental dos arroios e rios que compõem a macrodrenagem, além dos rios receptores do escoamento da cidade de Porto Alegre.

 $Art\ 1^{\scriptscriptstyle O}\$ Toda edificação que resulte em superfície impermeável, aprovado pelo poder público municipal,

deverá possuir uma vazão máxima específica de saída para a rede pública de pluviais igual a 20,8 l/(s.ha).

Parágrafo 1 A vazão máxima de saída é calculada multiplicando a vazão específica pela área total do terreno no qual se insere a edificação.

Parágrafo 2. A água precipitada sobre o terreno não pode ser drenada diretamente para ruas e sarjetas, excetuando o previsto no parágrafo 3º deste artigo.

Parágrafo 3. As áreas de recuo poderão drenar o escoamento de até 20% da sua superfície diretamente para a sarjeta das ruas, descontando a área drenada da área total do terreno referida no parágrafo 1.

 $Art.\ 2^{\rm O}$ Todo novo parcelamento do solo deverá prever na sua implantação o limite de vazão máxima específica disposto no artigo $1^{\rm O}$ deste decreto.

Art. 3º A manutenção das condições de prédesenvolvimento no lote ou no parcelamento do solo devem ser demonstrados ao DEP (Departamento de Esgoto Pluvial) através de estudo hidrológico específico.

Parágrafo 1º: Quando a área for menor que 100 hectares e o controle adotado utilizado pelo empreendedor for o reservatório, o volume necessário do reservatório é determinado através de.

$$v = 4.25 AI$$

onde v é o volume por unidade de área de terreno em m^3 /hectare e AI é a área impermeável da área edificada em %.

Parágrafo 2º O volume necessário para áreas superiores a 100 hectares devem ser realizados com estudo hidrológico específico, com precipitação de projeto com probabilidade de 1(uma) em 10 (vezes) em qualquer ano.

Parágrafo 3º: Serão consideradas áreas impermeáveis todas as superfícies que não permitem a infiltração da água para o sub-solo, como existente antes da construção.

Parágrafo 4º: Pavimentos permeáveis poderão ser considerados como áreas permeáveis desde que atendido o previsto no parágrafo 3º.

Art 4º Na edificação dos lotes, resultante do parcelamento a partir deste decreto, a área impermeável deve ser menor ou igual a prevista para o lote e para o seu sistema viário prevista no projeto de drenagem do parcelamento aprovado de acordo com os artigos 2 e 3.

Art. 5º Após a aprovação por parte da Prefeitura, do projeto de drenagem urbana da edificação ou do parce-

lamento é vedada qualquer impermeabilização adicional de superfície.

Parágrafo Único: A impermeabilização poderá ser realizada se houver retenção do volume adicional gerado.

Art. 6º Está vedada edificação que cubra trecho do sistema público de drenagem pluvial, mesmo em trecho de propriedade privada.

Art. 7º Para novo parcelamento do solo deverá ser preservada a faixa de domínio dos arroios urbanos, de acordo com o código florestal, como prevê o art. 134 § 4º da lei Municipal ---- de ------ 1999.

Parágrafo Único: a área correspondente a faixa de domínio somente poderá ser incluída no percentual de área pública se na referida faixa for implementado um parque linear de acordo com definições da SMAM Secretaria de Meio Ambiente.

Pode-se observar do texto acima que não foi prevista uma área mínima. Este condicionamento deve ficar a critério do município dentro dos seus condicionantes de área crítica e necessidade de controle da densificação.

CONCLUSÃO

Este artigo buscou apresentar e discutir os elementos básicos para o controle não estrutural do princípio de controle da ampliação da cheia natural (Tucci e Genz, 1995).

O controle através de elementos legais no município dos efeitos da urbanização são importantes porque quem produz o impacto não sofre suas conseqüências e, portanto exige a participação do município no processo de controle prévio para evitar que no futuro toda a população pague pela ocupação de uma parcela do mesmo.

A forma de desenvolver a regulamentação é um grande desafio e envolve grupos de interesse na cidade como os construtores, proprietários, industrias e comércio que geralmente impermeabilizam grandes espaço. No entanto, a sociedade está se sofisticando e, é necessário que as próprias empresas tirem partido do interesse ambiental da sociedade no desenvolvimento de empreendimentos mais adaptados a natureza do ambiente, evitando-se tanto cimento e superfícies impermeáveis e impactos indesejáveis.

Os mecanismos de controle aqui apresentados devem ser vistos como uma proposta para discussão e aprimoramento e não como um produto acabado, que exige de cada realidade uma visão específica.

Agradecimentos

Este artigo foi desenvolvido como parte dos estudos do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre e do projeto de pesquisa PRONEX sobre Avaliação do impactos ambientais das águas pluviais financiado pelo FINEP/MCT/CNPq.

REFERÊNCIAS

- ABRH, 1995. *Carta de Recife.* Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- ASCE, 1992. Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems. American Society of Civil Engeneer. 753p
- PMPA, 2000. Segundo Plano de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Porto Alegre. Prefeitura Municipal de Porto Alegre.
- SCHUELLER, T. 1987. Controlling Urban Runoff: A
 Practical Manual for Planning and Designing Urban
 BMPs
- TUCCI, C.E.M.; GENZ, F. 1995. In: Drenagem Urbana, capítulo 7. Tucci, C.M.; Porto, R. e Barros M. T. Editora da UFGRS.
- TUCCI, C.E.M. 2000. Coeficiente de escoamento e vazão máxima. RBRH V5 n.2 p
- URBONAS, B; ROESNER, L.A 1992. Hydrologic Design for Urban Drainage and Flood Control in: Handbook of Hydrology, David Maidment (ed.) McGraw Hill Book Co.
- WILKEN, P.S., 1978. Engenharia de drenagem superficial. São Paulo: CETESB 477p