

REGULAÇÃO DA DRENAGEM URBANA NAS CAPITAIS DA REGIÃO SUDESTE BRASILEIRA

Pedro Henrique Alves Braga⁽¹⁾; Frederico Carlos Martins de Menezes Filho⁽²⁾;

RESUMO - O crescimento desordenado nos centros urbanos intensifica os problemas relacionados ao manejo das águas pluviais pela intensa impermeabilização e consequente aumento do escoamento superficial. Buscou-se traçar um panorama acerca da drenagem urbana nas capitais da região Sudeste brasileira, abrangendo a existência de medidas não estruturais importantes como os planos diretores de drenagem e seus produtos, verificando nestes a presença da regulação do volume de controle para novos empreendimentos. Dispôs-se, então, de intensa revisão da literatura e também de pesquisa aos sítios das prefeituras municipais, no intuito de subsidiar a discussão referente aos dispositivos regulatórios da drenagem urbana. Como observado nesta pesquisa, a regulação do volume de controle não figura nos manuais de drenagem, ao passo que quando existentes, os valores requeridos são inferiores aos calculados pela metodologia apresentada por Tucci (2007). A despeito disso, observou-se a mobilização das capitais na elaboração dos planos diretores de drenagem, manuais de drenagem e leis baseadas no desenvolvimento de baixo impacto. Tal conjunto de medidas propicia cenários mais sustentáveis quanto à hidrologia urbana, reduzindo os impactos do escoamento superficial e melhorando a qualidade de vida da população urbana.

ABSTRACT - The disordered growth in the urban centers intensifies the problems related to the stormwater management by the intense surface waterproofing and consequently runoff increase. It was sought to draw a prospect of urban drainage for the Brazilian's Southeastern capitals, seeking the existence of important non-structural measures such as drainage master plans and their products, verifying in these the presence of the regulation of the quantitative control for new ventures. An extensive literature review was made, as well as a survey at the cities city hall's website, in order to support the discussion regarding the regulatory mechanisms of urban drainage. As observed in this research, the quantitative control regulation is not included in the drainage design manuals, and when they do exist, the values required are lower than those calculated by the methodology presented by Tucci (2007). Despite this, a mobilization of the capitals was observed in drafting drainage master plans, drainage design manuals and laws based on low impact development. Such a set of measures provides more sustainable scenarios for urban hydrology, reducing the impacts of runoff and improving the quality of life of the urban population.

Palavras-Chave: Sustentabilidade, Volume de controle, Águas pluviais.

1) Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo; Rua Alameda das Rosas, 553, Bairro Cidade Jardim – São Carlos; (34) 998036931; pedroha.braga@gmail.com.

2) Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba; Rodovia MG 230, km 7; 34 3855-9330; menezesfilho.frederico@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Consoante dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2010) a urbanização no Brasil intensificou-se a partir da segunda metade do século XX. Atualmente, cerca de 85% da população brasileira vivem nas cidades.

Com a urbanização, problemas relacionados à drenagem começaram a surgir e para resolvê-los, de maneira geral, as administrações públicas utilizaram o princípio higienista, que se fundamenta no rápido esgotamento das águas pluviais por meio de galerias ou canalizações, evacuando rapidamente a água das chuvas, aumentando a quantidade e a velocidade de escoamento, sem se preocupar com o destino final dessas águas (OLIVEIRA, BARBASSA e GONÇALVES, 2016).

De acordo com a Lei 11.445 (BRASIL, 2007) conhecida como a Lei do Saneamento, o saneamento básico é um conjunto de serviços de infraestrutura e de instalações operacionais. A drenagem urbana de águas pluviais ou manejo de águas pluviais, componente do saneamento, representa o conjunto de instalações operacionais abarcando obras de detenção ou retenção para amortecimento de cheias, bem como o tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas.. Essa mesma lei, dentre seus princípios fundamentais, exige que todas as áreas urbanas devam conter serviços de drenagem e manejo de águas pluviais, incluindo a manutenção e fiscalização preventiva dessas redes, de forma a adequar a saúde pública, segurança da vida e do patrimônio público privado.

Atualmente o desenvolvimento de baixo impacto ou *Low Impact Development* (LID) têm-se mostrado como uma alternativa para gerenciar o escoamento superficial, visto que a adoção de seus princípios regulamentadores busca manter as vazões pré-existentes nos novos empreendimentos. Citam-se como exemplos de técnicas compensatórias (BAPTISTA, NASCIMENTO e BARRAUD, 2005) os poços de infiltração e coleta de águas de chuva, os telhados verdes, os pavimentos permeáveis, as trincheiras de infiltração, os sistemas de biorretenção, as bacias de detenção, retenção e os microreservatórios (CANHOLHI, 2005). Todas essas medidas de baixo impacto necessitam de um dimensionamento variável para cada região a partir de modelos hidrológicos, podendo ser muito eficientes para a redução dos picos de vazão nas cidades (TUCCI, 2007).

Neste enfoque, segundo Souza, Gonçalves e Goldenfum (2007), para prevenir os impactos e reduzir os custos com intervenções futuras, os novos empreendimentos urbanos devem ser

projetados e construídos para evitar os impactos mencionados, ou seja, serem projetados de forma a não aumentar a vazão pré-existente à construção.

Porse (2013) evidencia que as cidades norte-americanas já estão buscando sistemas híbridos, ou seja, sistemas que integrem transporte e infiltração para melhorar a saúde pública, segurança, meio ambiente e social.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Em relação aos dispositivos regulatórios da drenagem urbana, realizou-se uma busca em sítios das Prefeituras Municipais, verificando a existência de manuais de drenagem. Dentro deste documentos, verificou a existência ou não da regulação da drenagem urbana por meio do controle de vazões máximas e também buscou-se estabelecer para as capitais estudadas equações para o dimensionamento do volume de controle tendo como base o método racional.

O cálculo da vazão máxima de saída desses reservatórios deve ser realizado através de uma metodologia simplificada para agilizar o processo de análise e aprovação dos empreendimentos. Para isso a metodologia deve ser padronizada e representar a maioria dos cenários. Embasando no método racional é possível calcular essa vazão. Para sua utilização é necessário limitar a área de estudo em até 200 ha, devido a variabilidade da vegetação e precipitação em áreas maiores. Caso a área de estudo seja maior, é necessário realizar um estudo hidrológico específico, mantendo as mesmas condições previstas no método racional (TUCCI, 2016)

De acordo com Tucci (2007), a vazão máxima específica por unidade de área para áreas inferiores à 200 ha é dada pela Equação 1.

$$q_n = 2,78 C \cdot i \quad (1)$$

Onde: q_n = é a vazão máxima permissível específica em $L \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$; C = o coeficiente de escoamento superficial; i = intensidade máxima da precipitação (mm/h).

O coeficiente de escoamento superficial depende do tipo e uso do e é dado pela Equação 2.

$$C = C_p + (C_i - C_p) \cdot A_i \quad (2)$$

Onde: C_p = coeficiente de escoamento para áreas permeáveis; C_i = coeficiente de escoamento para áreas impermeáveis; A_i = área impermeável em %.

Consoante Tucci (2016), neste estudo será adotado um valor de coeficiente de escoamento para áreas permeáveis de 0,15 e para áreas impermeáveis de 0,95.

Quanto à intensidade máxima de precipitação, para projetos de microdrenagem adota-se para o tempo de retorno (T) valor no intervalo de 2 a 10 anos. Adotou-se no intuito da melhor relação custo-benefício o valor máximo para o período de retorno, igual a 10 anos.

Em áreas urbanas, o tempo de concentração pode variar de 15 minutos até 3 horas. Para áreas de 20 a 200 ha e com declividade entre 1 e 2%, o tempo de concentração médio é de 1 hora, porém esse valor pode variar de acordo com as condições do terreno (TUCCI, 2016).

A intensidade de chuva pode ser calculada por meio das equações idf, expressas no formato dado pela Equação 3.

$$i = \frac{BT^{\alpha}}{(t+b)^d} \quad (3)$$

Onde: i = intensidade da chuva (mm/h); T = tempo de retorno em anos; t = tempo de concentração em minutos; B, b, e d são variáveis que dependem da localidade; α = parâmetro regional associado ao período de retorno T.

As equações idf, utilizadas neste trabalho são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros das equações de chuva para cada capital.

Capital -	B	b	d	a	Fonte
Belo Horizonte	843,33	7,00	0,76	0,167	Fragoso Júnior (2004)
Rio de Janeiro - Santa Cruz	711,30	14,00	0,69	0,18	PCRJ- Cohidro (1992)
Rio de Janeiro - Campo Grande	891,60	14,00	0,69	0,18	PCRJ- Cohidro (1992)
Rio de Janeiro - Mendanha	843,70	12,00	0,69	0,17	PCRJ- Cohidro (1992)
Rio de Janeiro - Bangu	1208,00	14,00	0,79	0,17	PCRJ- Cohidro (1992)
Rio de Janeiro - Jd. Botânico	1239,00	20,00	0,74	0,15	Ulysses Alcântara (1960)
Rio de Janeiro - Capela Mayrink	921,30	15,40	0,67	0,16	Rio-Águas (2003)
Rio de Janeiro - Via 11	1423,00	14,50	0,80	0,19	Rio-Águas (2005)
Rio de Janeiro - Saboia Lima	1782,00	16,60	0,84	0,17	Rio-Águas (2006)
Rio de Janeiro - Benfica	7032,00	29,60	1,14	0,15	Rio-Águas (2006)
Rio de Janeiro - Realengo	1164,00	6,96	0,77	0,14	Rio-Águas (2006)
Rio de Janeiro - Eletrobrás	1660,00	14,70	0,84	0,15	Rio-Águas (2007)
Rio de Janeiro - Irajá	5986,00	29,70	1,05	0,15	Rio-Águas (2009)
São Paulo	1747,90	15,00	0,89	0,18	Wilken (1978)
Vitória	943,470	20,00	0,77	0,19	Manual de Drenagem (2014)

Segundo Tucci (2016) o volume de retenção necessário para reservar e amortecer a vazão de pós-desenvolvimento é dado pela Equação 4.

$$\frac{V}{A} = (q_u - q)t.k \quad (4)$$

Onde: V = volume em m^3 ; A = área em ha; q = vazão específica pré-desenvolvimento em $l.s^{-1}.ha^{-1}$; q_u = vazão específica pós-desenvolvimento em $l.s^{-1}.ha^{-1}$; t = duração em minutos; k = constante para conversão de unidades, $k = 60$.

Unindo a Equação 1 à Equação 4, tem-se:

$$\frac{V}{A} = 60.t(2,78.C.i - q) \quad (5)$$

Por iteração determinou a duração para obtenção do volume máximo em função da área impermeável. O volume máximo é obtido para cada valor de A_i , resultando numa função $F_i(A_i)$. Variando o valor de A_i entre 5% a 100% é possível ajustar uma reta com início na origem. Dessa forma a equação ajustada fica de acordo com o modelo da Equação 6.

$$V = a.A_i \quad (6)$$

Onde: V = volume do reservatório em m^3 ; a = coeficiente da reta que nasce na origem; A_i = área impermeável em %.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As intensidades de precipitação considerando a duração de uma hora e período de retorno de 10 anos, bem como os volumes de controle calculados pela metodologia apresentada por Tucci (2016) e os dispostos nas Leis e/ou Manuais de Drenagem das capitais da região sudestes, são apresentados na Tabela 2.

Os valores encontrados para as quatro capitais foram bem heterogêneos observando uma grande discrepância entre os valores calculados e os propostos nos Manuais de Drenagem. São Paulo obteve os menores valores de intensidade e volume de controle propostos pelo método de Tucci (2007), no entanto, para o manual de drenagem o valor requerido foi o mais baixo ($63,10 m^3/ha$). A cidade de Vitória apresentou o maior valor de volume de controle sugerido pelo Manual de Drenagem. A cidade do Rio de Janeiro possui diversas equações de chuva, por isso foram propostos valores de controle para cada uma delas, resultando em volumes específicos para cada região daquela capital.

Tabela 2 – Valores da intensidade, vazão específica e volumes de reservação em função da área impermeável.

Capital	i (mm/h)	V (m ³ /ha)	V (m ³ /ha) - Manuais de Drenagem
Belo Horizonte	45,90	504,34	300,00
Rio de Janeiro - Santa Cruz	59,90	575,10	-
Rio de Janeiro - Campo Grande	69,50	714,00	-
Rio de Janeiro - Mendanha	63,10	624,99	-
Rio de Janeiro - Bangu	60,10	538,14	-
Rio de Janeiro - Jd. Botânico	69,40	682,79	-
Rio de Janeiro - Capela Mayrink	72,60	778,94	-
Rio de Janeiro - Via 11	71,30	635,18	-
Rio de Janeiro - Saboia Lima	68,60	595,94	-
Rio de Janeiro - Benfica	58,80	475,50	-
Rio de Janeiro - Realengo	63,40	546,86	-
Rio de Janeiro - Eletrobrás	51,60	568,68	-
Rio de Janeiro - Irajá	75,30	623,54	-
São Paulo	56,20	457,15	63,10
Vitória	51,60	472,98	400,00

Legenda: i: intensidade; V: volume

3.1.1 Belo Horizonte

O volume de controle calculado como base no método racional é de 504,34 m³/ha de área impermeável, ou pela Equação (7):

$$V = 5,04 \cdot A_i \quad (7)$$

Onde: V = volume de controle (m³); A_i = porcentagem da área impermeável do terreno (%);

O volume proposto para a cidade de Belo Horizonte segue a Lei Municipal N° 7.166 (BRASIL, 1996), que indica a possibilidade de reter até 30 litros de água pluvial por metro quadrado de terreno impermeabilizado que exceda o limite previsto no caput da referida lei. Logo, o reservatório deverá ser de 300m³/ha. Observa-se uma diferença de 36% quando se compara o valor calculado apresentado pela Tabela 2.

3.1.2 Rio de janeiro

As equações para o dimensionamento dos volumes de controle estão dispostas na Tabela 3. É possível observar a grande variabilidade dos volumes calculados para o Rio de Janeiro em função das diversas equações de chuva existentes.

Tabela 3 - Equações para dimensionamento dos volumes de controle para o Rio de Janeiro.

Capital - Região	V(m³/ha)
Rio de Janeiro - Santa Cruz	5,75.Ai
Rio de Janeiro - Campo Grande	7,14.Ai
Rio de Janeiro - Mendanha	6,25.Ai
Rio de Janeiro - Bangu	5,38.Ai
Rio de Janeiro - Jd. Botânico	6,83.Ai
Rio de Janeiro - Capela Mayrink	7,79.Ai
Rio de Janeiro - Via 11	6,35.Ai
Rio de Janeiro - Saboia Lima	5,96.Ai
Rio de Janeiro - Benfica	4,76.Ai
Rio de Janeiro - Realengo	5,47.Ai
Rio de Janeiro - Eletrobrás	5,69.Ai
Rio de Janeiro - Irajá	6,24.Ai

Apesar do Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade do Rio de Janeiro (2015) informar que o desenvolvimento tecnológico passa pela adoção das “Best Management Practices (BMPs), o Manual de Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana (2010) não contém informações relativas à um sistema de captação para ser utilizado.

3.1.3 São Paulo

O volume de controle é de 457,15 m³/ha de área impermeável ou pela Equação 8.

$$V = 4,57.Ai \quad (8)$$

Onde: V = volume de controle (m³); Ai = porcentagem da área impermeável do terreno (%);

O dimensionamento do volume de controle a partir do manual de drenagem de São Paulo passou por uma revisão em 2016 a partir da Lei Municipal Nº 16.402 (BRASIL, 2016). Para os lotes com área total superior a 500m² (quinhentos metros quadrados), nos quais incidem as disposições da quota ambiental (QA), é obrigatória a instalação de controle de escoamento superficial, independentemente da adoção de outros mecanismos de controle do escoamento superficial que impliquem reservação e/ou infiltração e/ou percolação.

A lei diz que mesmo atendida a pontuação mínima da QA o volume de controle do escoamento superficial não poderá ser inferior a 6,31 litros por m² de área total do lote, ou seja, 63,1 m³/ha.

Observa-se uma diferença de 726% quando se comparada com o valor calculado e apresentado pela Tabela 2.

3.1.4 Vitória

O volume de controle calculado com base no método racional é de 472,98 m³/ha de área impermeável, ou pela Equação 9:

$$V = 4,73.Ai \quad (9)$$

Onde: V = volume de controle (m³); Ai = porcentagem da área impermeável do terreno (%);

Segundo o Manual de Drenagem Urbana do Município de Vitória (2014), que estabelece que a exigência de permeabilidade pode ser substituída por um sistema de captação; para o dimensionamento desse reservatório deve ser feita uma estimativa de volume supondo a disponibilidade hidráulica de 1,0 m de profundidade, utilizando a Equação 10 ou a 11.

$$V = 0,02 . At \quad (10)$$

ou

$$V = 0,04 . Ai \quad (11)$$

Onde: V = volume do reservatório de detenção (m² x 1,0 m); At = área total contribuinte ao reservatório (m²); Ai = área impermeável contribuinte ao reservatório (m²).

De acordo com a Equação 11 o reservatório deveria ser de 400 m³/ha.

Observa-se uma diferença de 18% quando se compara ao valor calculado de 472,98 m³/ha, apresentado pela Tabela 2.

4 CONCLUSÕES

Após a pesquisa realizada pode-se estabelecer pontos positivos e negativos referentes à regulação da drenagem urbana por meio do controle de vazões máximas.

Cita-se, como aspecto positivo:

- A existência nos manuais consultados, da adoção de princípios regulamentadores para manutenção das vazões pré-existentes nos novos empreendimentos, reduzindo possíveis sobrecargas nas redes de drenagem existentes; assim as redes de drenagem atuais não serão impactadas.

Por outro lado, apontam-se deficiências observadas em relação aos documentos obtidos, dentre as quais:

- Documentos parciais e ausência de informações. Somente Vitória disponibiliza a metodologia de cálculo utilizada para estabelecer a equação do volume de controle;
- Os volumes de controle observados nos documentos necessitam de atualização, visto serem inferiores à metodologia empregada neste trabalho. A cidade de Vitória foi a que obteve valor de controle mais próximo, apenas 18% inferior.
- Não há no município do Rio de Janeiro a abordagem dos volumes de controle em lotes como uma medida mitigadora.

Diante do exposto, é necessário que os gestores municipais coloquem em prática soluções como as descritas neste trabalho, para que os problemas relacionados à drenagem sejam minimizados.

5 REFERÊNCIAS

BAPTISTA, M; NASCIMENTO, N; BARRAUD, S. (2015). Técnicas compensatórias em Drenagem Urbana, 2 ed. Porto Alegre, RS. ABRH. 318p

BRASIL. LEI Nº 7.166. De 27 de agosto de 1996. *Estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no município*. Disponível em < <https://cm-belo-horizonte.jusbrasil.com.br/legislacao/237741/lei-7166-96>> Acesso em 14 de julho de 2017.

BRASIL. LEI Nº 11.445. De 5 de janeiro de 2007. *Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico*. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/11445.htm> Acesso em 15 de junho de 2017.

BRASIL. LEI Nº 16.402. De 22 de março de 2016. *Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no município de São Paulo, de acordo com a lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 - Plano Diretor Estratégico (PDE)*. Disponível em < <https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-paulo/lei-ordinaria/2016/1640/16402/lei-ordinaria-n-16402-2016-disciplina-o-parcelamento-o-uso-e-a-ocupacao-do-solo-no-municipio-de-sao-paulo-de-acordo-com-a-lei-n-16050-de-31-de-julho-de-2014-plano-diretor-estrategico-pde>> Acesso em 28 de novembro de 2017.

CANHOLHI, A.P. (2005). *Drenagem urbana e controle de enchentes*. São Paulo. Oficina de textos.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Taxa de urbanização*. Censo demográfico 1940-2010. Disponível em < <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>> Acesso em 14 de junho de 2017.

OLIVEIRA, A.P; BARBASSA, A.P; GONÇALVES, L.M. (2016). *Aplicação de técnicas compensatórias de drenagem na requalificação de áreas verdes urbanas em Guarulhos-SP*. Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes, v. 4, n. 9.

PORSE, E.C. (2013). *Stormwater Governance and Future Cities*. Water.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA. (2014). *Manual de Drenagem Urbana do Município de Vitória*. Disponível em < http://sites.vitoria.es.gov.br/pmsb/wp-content/uploads/2015/08/produto-03_manual_de_drenagem1.pdf> Acesso em 16 de junho de 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. (2010). *Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de dispositivos de drenagem*. Disponível em < <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/1377338/DLFE215301.doc/InstrucoesTecnicasProjetosdeDrenagem1.versao.doc> > Acesso em 16 de junho de 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. (2015). *Plano Municipal De Saneamento Básico Da Cidade Do Rio De Janeiro*. Fundação Instituto Das Águas.

SOUZA, C. F. GONÇALVES, L. S. GOLDENFUM, J. A. (2007). *Planejamento integrado de sistemas de drenagem urbana*. IPH/UFRGS - Instituto de Pesquisas Hidráulicas / Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS.

TUCCI, C. E. M. (2007). *Inundações Urbanas*. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 393p.

TUCCI, C. E.M. (2016). *Regulamentação da drenagem urbana no Brasil*. Revista Rega.