



# AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PROPOSTA PELO NOVO ZONEAMENTO DA CIDADE DE SÃO PAULO

**Victor David Santos de Barros** <sup>(1)</sup>

Engenheiro Civil e Mestre em Ciências na área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Programa de Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica do Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

**Adam Douglas Sebastião Pinto**

Engenheiro Ambiental e Mestre em Ciências na área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Programa de Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica do Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Rua Santo André, 202 - Jardim Alvorada - São José dos Campos - São Paulo - CEP: 12240-521 - Brasil - Tel: +55 (12) 3209-2452 - e-mail: victor@vdbarros.com.br.

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma avaliação da metodologia proposta no novo zoneamento da cidade de São Paulo, através da Lei Municipal nº16.402/2016, para o controle do escoamento superficial por meio de reservatórios de detenção. Buscou-se avaliar a vazão de controle como parâmetro cálculo, conforme proposto na legislação paulistana, observando, sobretudo a função sanitária dos reservatórios projetados a partir desta metodologia. Para tanto, considerou-se um lote fictício tipicamente de região urbanizada, de 1.000 m<sup>2</sup>, com cobertura impermeável de 85% de sua área superficial e aplicaram-se as equações disponíveis na legislação para determinação do volume do reservatório de detenção, a pontuação final do indicador de drenagem e, finalmente, a vazão de controle, que resultou em 0,73 l/s. A partir desta vazão de controle, foi calculado o coeficiente de escoamento superficial, considerando o Método Racional para chuvas de 5 a 60 min. Os resultados obtidos permitiram concluir que os valores de coeficiente de escoamento superficial, para as condições observadas neste trabalho, foram muito inferiores aos valores comuns encontrados na literatura para áreas totalmente permeáveis, geralmente, superiores a 0,1. Deste modo, a função sanitária de reservatórios de detenção calculados com base na Lei 16.402/2016, considerando a drenagem urbana como componente do saneamento básico, é prejudicada, uma



vez que vazões de controle oriundas de coeficientes de escoamento superficial muito pequenos já devem ser comportadas pela infraestrutura do sistema municipal de drenagem urbana. Por fim, o tema precisa ser mais discutido política e cientificamente para evitar a oneração de municípios e permitir o adequado funcionamento do sistema municipal de drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

**Palavras-chave:** Reservatório de detenção, controle de vazão, zoneamento urbano, drenagem e saneamento básico.

## INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

A preocupação do controle do escoamento superficial vem se apresentando cada vez mais importante no papel da gestão das águas pluviais em centros urbanos. A cidade de São Paulo, através da Lei Municipal nº 13.276, de 04 de janeiro de 2002, apresentou uma metodologia para o dimensionamento de sistemas de controle de escoamento implantados em lotes urbanos. Mais tarde, essa metodologia passou a vigorar para o estado de São Paulo, através da Lei Estadual nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007. Contudo, alguns parâmetros e condições estabelecidas pela legislação paulistana, ratificados na legislação paulista, apresentaram resultados ineficientes ao propósito dos sistemas de controle de vazão, conforme verificado por Barros (2015). Ainda assim, muitas cidades do estado adotaram as prerrogativas da Lei Estadual. Em 2016, por meio da Lei Municipal nº 16.402, a cidade de São Paulo apresentou uma nova metodologia para o controle de escoamento superficial, acrescentando a vazão de controle como um novo parâmetro para o dimensionamento dos sistemas. Considerando a função sanitária dos reservatórios de detenção, este trabalho tem objetivo de analisar a vazão de controle estabelecida pela atual legislação paulistana.

## MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com o instituído no Art. 76 e 79 da Lei Municipal nº 16.402 de 22 de março de 2016, que disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, empreendimentos novos ou que apresentem reformas com alteração de área construída superior a 20% e que estão inseridos em lotes com área total superior a 500 m<sup>2</sup> é obrigatória a instalação de reservação de controle de escoamento superficial.



Devido à diversidade de uso, ocupação e características dos lotes urbanos, para avaliar a metodologia para o controle do escoamento superficial proposta pelo novo zoneamento da cidade de São Paulo utilizou-se um lote hipotético de 1.000 m<sup>2</sup>, com 150 m<sup>2</sup> de área ajardinada sobre solo e 850 m<sup>2</sup> de área de superfícies com pavimentos não permeáveis. A partir disso, calculou-se o reservatório de retenção, conforme preconizado na legislação.

Para a determinação da vazão de controle, ou seja, a vazão máxima de saída do lote é proposta a Equação 1.

$$Q_{m\acute{a}x} = \{A \cdot 11 \cdot [0,38 + (DP - 0,38) \cdot (1 - D)]\} / 10000 \quad (1)$$

Em que,  $Q_{m\acute{a}x}$  é a vazão máxima de saída do lote, obtida em l/s,  $A$  é a área total do lote, dado em m<sup>2</sup>,  $DP$  é o indicador de drenagem parcial, calculado pela Equação 2, e  $D$  é a pontuação final do indicador de drenagem.

$$DP = \sum PA \quad (2)$$

Em que,  $PA$  é a pontuação atingida, calculada pela Equação 3, para as diversas soluções construtivas e paisagísticas adotadas pelo empreendimento.

$$PA = P \cdot FD / A \quad (3)$$

Em que,  $P$  é a área em projeção da solução construtiva e paisagística adotada, dada em m<sup>2</sup>,  $FD$  é o fator de eficácia ambiental do indicador de drenagem, correspondente ao coeficiente de escoamento superficial e  $A$  é a área total do lote, em m<sup>2</sup>.

O fator de eficácia ambiental do indicador de drenagem ( $FD$ ) é fornecido pela legislação no Item III do Quadro 3B em função da solução construtiva e paisagísticas adotada pelo empreendimento.

A equação para a determinação da pontuação final do indicador de drenagem ( $D$ ) é condicionada ao cálculo do indicador de drenagem parcial ( $DP$ ), sendo que para  $DP \leq 0,38$ ,  $D = 1$  e para  $DP > 0,38$ ,  $D$  deve ser calculado pela Equação 4.

$$D = 1 - [0,0105 \cdot (VP/A) - DP + 0,38] / (0,38 - DP) \quad (4)$$

Em que,  $VP$  é o volume de reservação proposto para o controle do escoamento superficial, sendo que no mínimo deve ser adotado o valor calculado pela Equação 5, dado em litros,  $A$  é a área total do lote, em m<sup>2</sup> e  $DP$  é o indicador de drenagem parcial.

$$Vol_{m\acute{i}n} = 6,3 \cdot A \quad (5)$$

Em que,  $Vol_{m\acute{i}n}$  é o volume de reservação mínimo obrigatório para o controle do escoamento superficial, obtido em litros e  $A$  é a área total do lote, dado em m<sup>2</sup>.

Para avaliar a metodologia, utilizou-se as premissas e critérios do Método Racional proposto por (Kuichling, 1889), em que a vazão de pico é dada pela Equação 6.



$$Q = C \cdot i \cdot A \quad (6)$$

Em que,  $Q$  é a vazão pluvial de pico, obtida em l/min,  $C$  é o coeficiente de escoamento superficial,  $i$  é a intensidade da chuva, dada em mm/min e  $A$  é a área do lote urbano, em m<sup>2</sup>. A intensidade da chuva foi obtida pela Equação 7, proposta por Martinez e Magni (1999), com os parâmetros do posto pluviométrico da cidade de São Paulo.

$$i = 39,3015(t_d + 20)^{-0,9228} + 10,1767(t_d + 20)^{-0,91160,8764} \cdot \left[ -0,4653 - 0,8407 \cdot \ln \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (7)$$

Em que,  $i$  é a intensidade pluviométrica média máxima, obtida em mm/min,  $t_d$  é o tempo de duração da chuva, dado em minutos e  $T$  é o período de retorno, dado em anos.

## RESULTADOS/DISCUSSÃO

Com os dados do terreno hipotético inseridos na Tabela 1, calcularam-se os indicadores e parâmetros requeridos, conforme metodologia da Lei Municipal nº 16.402 (São Paulo, 2016).

Tabela 1 – Preenchimento da composição da pontuação da Quota Ambiental de drenagem, Item III do Quadro 3B do anexo da Lei Municipal nº 16.402/2016.

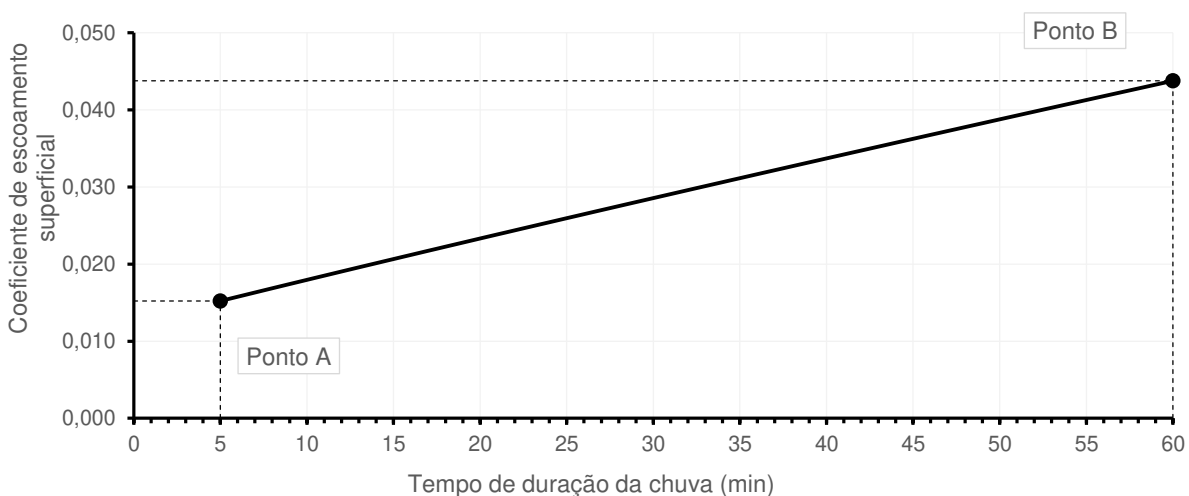
Soluções construtivas e paisagísticas	P	Unid.	FD	PA
<b>A1. Área ajardinada sobre solo</b>	<b>150,00</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,22</b>	<b>0,03</b>
<b>A2. Área ajardinada sobre laje com espessura de solo maior que 40 cm</b>	-	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,26</b>	-
<b>A3. Pavimento semi-permeável com vegetação sobre solo natural</b>	-	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,60</b>	-
<b>C1. Cob. Verde com espessura de substrato superior a 40 cm</b>	-	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,26</b>	-
<b>C2. Cob. Verde com espessura de substrato inferior ou igual a 40 cm</b>	-	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,31</b>	-
<b>E. Pavimento poroso</b>	-	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,1</b>	-
<b>F. Pavimento semi-permeável sem vegetação</b>	-	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,78</b>	-
<b>G. Superfícies com pavimentos não permeáveis</b>	<b>850,00</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,82</b>	<b>0,70</b>
DP (Indicador de Drenagem Parcial)				0,73
<b>V. Volume de reservação mínima</b>	<b>6.300</b>	<b>(ℓ)</b>	<b>n/a</b>	<b>n/a</b>
<b>H. Volume de reservação proposto</b>	<b>6.300</b>	<b>(ℓ)</b>	<b>n/a</b>	<b>n/a</b>
D (Pontuação final do indicador de Drenagem)				0,19

Determinado a pontuação final do indicador de drenagem, através da Equação 1, calculou-se a vazão de controle que resultou em 0,73 l/s.



Ressalta-se que o coeficiente de escoamento superficial representa a parcela de água que precipita e esco superficialmente (São Paulo, 2012). Para determinar essa parcela máxima de lançamento admissível que preconiza a legislação paulistana, rearranjaram-se os termos da Equação 6, para a obtenção do valor do coeficiente de escoamento superficial (C), considerando a variação da chuva de 5 a 60 minutos e igualando a vazão de pico à vazão de controle. Os resultados obtidos encontram-se expressos na Figura 1.

**Figura 1 – Variação do coeficiente máximo de lançamento admissível pela Lei Municipal nº 16.402/2016 para a variação do tempo de duração da chuva de 5 a 60 minutos.**



Observa-se, na Figura 1, que o coeficiente admissível numa chuva de duração de 5 min resultou em 0,015, indicado pelo Ponto A, ou seja, a vazão de controle do deságue estabelecida pela legislação representa uma vazão equivalente à um coeficiente de escoamento de 0,015. Já para uma chuva de 60 minutos o coeficiente de escoamento passa a equivaler a 0,044, indicado pelo Ponto B.

Os resultados obtidos para os valores de coeficiente de escoamento superficial, para as condições observadas neste trabalho, apresentaram-se muito inferiores aos valores comuns empregados pela literatura para áreas totalmente permeáveis, que são, em geral, superiores a 0,1.

Em outras palavras, uma vez que o coeficiente de escoamento superficial representa uma relação entre o volume total escoado e o volume total precipitado, o volume escoado seria muito menor comparado ao volume precipitado. Entretanto, essas características, como demonstra a literatura (São Paulo, 2012), excedem até as condições de pastagens, jardins ou mesmo florestas, que se tratam de áreas bastante permeáveis e apresentam valores baixos de coeficientes, mas, ainda assim, superiores àqueles determinados pela legislação.



## CONCLUSÃO

Conclui-se que o parâmetro de vazão de controle estabelecido pela legislação paulistana para o dimensionamento do reservatório de detenção não permite a obtenção de valores de coeficiente de escoamento superficial condizentes com aqueles encontrados na literatura para terrenos com características ordinárias, semelhantes ao que foi estudado neste trabalho. Em outras palavras, as condições da legislação não refletem a realidade para o coeficiente de escoamento superficial.

Destaca-se que a exigência de vazões de controle que simulam coeficientes de escoamento muito baixos merece uma discussão mais aprofundada. Isto porque quando da análise, por parte da administração municipal, da implantação do loteamento ou bairro em que o lote está integrado, coeficientes de escoamento superficial muito maiores que aqueles obtidos por este trabalho já devem ter sido considerados no dimensionamento do sistema de infraestrutura de manejo de águas pluviais e drenagem urbana.

Ressalta-se que, dada a aquisição e posse do terreno urbano, cada munícipe possui uma parcela por direito de uso de determinada fração do sistema público de infraestrutura de drenagem urbana. Assim, a exigência de vazões de controle que retratam coeficientes de escoamento menores que aqueles com os quais o sistema foi dimensionado implica em oneração dupla ao munícipe, tornando tal exigência incoerente.

Recomendam-se novos estudos e discussões a respeito deste tema, sobretudo para evitar a oneração de munícipes e o adequado funcionamento dessas estruturas para a melhoria das condições sanitárias do sistema municipal de drenagem urbana e manejo de água pluviais.

## REFERÊNCIAS

- BARROS, V. D. S. (2015). **Proposta de metodologia para a determinação de equações simplificadas para dimensionamento de detenção distribuída**. Dissertação de mestrado em Infraestrutura Aeroportuária – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2015, 158p.
- KUICHLING, E. (1889). **The relation between the rainfall and the discharge of sewers in populous districts**. Transactions of the American Society of Civil Engineers, v.20, n.1, p. 1-56, Jan. 1889.
- MARTINEZ, F.; MAGNI, N. L. G. (1999). **Equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE/CTH-USP, 1999, 125p.



---

SÃO PAULO (Cidade). **Lei Municipal nº 13.276, de 5 de janeiro de 2002.** Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup>. São Paulo, 2002.

\_\_\_\_\_. **Lei Municipal nº 16.402, 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). São Paulo, 2016.

\_\_\_\_\_. (Estado). **Lei Estadual nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007.** Estabelece normas para contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. Publicação: Secretaria da Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. Diário Oficial do Poder Legislativo, São Paulo, 03 de janeiro 2007. p. 117.

\_\_\_\_\_. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos: Fundamentos.** São Paulo, v.2, 2012, 220p.