



## CONCENTRAR O ESCOAMENTO DE TELHADO EM CALHA AFETA A GERAÇÃO DE VAZÃO EM LOTE?

*Nichollas Bandeira Gomes<sup>(1)</sup>; Helaelson de Almeida Júnior<sup>(2)</sup> Marllus Gustavo Ferreira Passos das  
Neves<sup>(3)</sup>; Vladimir Caramori Borges de Souza<sup>(4)</sup>*

Universidade Federal de Alagoas: <sup>(1)</sup> [nichollas15@gmail.com](mailto:nichollas15@gmail.com), <sup>(2)</sup> [helaelsonjunior@gmail.com](mailto:helaelsonjunior@gmail.com), <sup>(3)</sup>  
[marllus.neves@ctec.ufal.br](mailto:marllus.neves@ctec.ufal.br), <sup>(4)</sup> [vcaramori@yahoo.com](mailto:vcaramori@yahoo.com)

**Palavras-chave:** Controle na fonte; Coeficiente de escoamento; Drenagem urbana.

### RESUMO

Este artigo mostra resultados preliminares realizadas a partir de eventos monitorados em uma parcela de lote de 65,6 m<sup>2</sup>, com área quase toda impermeável. Foram 81 eventos na primeira etapa do monitoramento, que consistiu na área sem intervenção, e 197 eventos na segunda etapa, com calha no telhado concentrando o escoamento deste na saída do lote. Os resultados apresentaram uma diferença no coeficiente de escoamento (10,1%) e no volume gerado na parcela do lote estudada, sendo bem maior neste, com mais de 30% dependendo do tipo de análise. A quantidade de eventos na segunda etapa foi muito maior que na primeira, podendo ser efeito da concentração do escoamento do telhado na calha, pois eventos menores que não foram percebidos na primeira etapa, provavelmente foram na segunda.

### INTRODUÇÃO

Uma das principais consequências em bacias hidrográficas causadas pela urbanização e pela ocupação desordenada nas cidades é o aumento das superfícies impermeáveis e, conseqüentemente, do escoamento superficial, contribuindo para a ocorrência de inundações e provocando sérios prejuízos à sociedade e ao meio ambiente (Tominaga, 2013). Para contornar tal situação, diversos municípios brasileiros lançaram mão de preceitos higienistas, onde é priorizada a rápida evacuação das águas das áreas urbanas. Entretanto, esse tipo de abordagem não só acarreta a transferência dos impactos locais para jusante como também dá uma falsa sensação de segurança na população em relação às inundações (Canholi, 2005).

Há algumas décadas novas abordagens, baseadas no retardamento do escoamento em contraposição à evacuação rápida, foram surgindo. Parte da solução diz respeito ao controle na fonte, cuja meta é atacar o problema na origem do escoamento que ocorre nas áreas urbanas. Nesses moldes, pretende-se, neste trabalho, analisar os efeitos, gerados na vazão em lotes,

causados pela concentração do escoamento de telhados em calhas. Se o escoamento concentrado em calhas aumenta a geração do escoamento, provavelmente a retirada da mesma se configura como uma medida simplificada de controle na fonte.

## **METODOLOGIA**

O trabalho compara os resultados de um monitoramento composto por duas etapas, sendo os passos detalhados a seguir:

- 1) Definição da área de estudo, do monitoramento e da instalação de equipamentos: foi escolhida uma parcela de lote localizado na cidade de Maceió-AL, em um pequeno conjunto residencial. As variáveis monitoradas foram a precipitação e a vazão, sendo que no primeiro caso foi instalado, na frente do lote, um pluviômetro de báscula com registrador automático. Para a vazão, foi fabricado, calibrado e instalado um vertedor, no qual foi inserido um sensor de nível e um sensor de pressão atmosférica. A vazão foi medida na saída da parcela do lote e por isso leva em conta não somente a parcela de contribuição do telhado, mas também de outras partes detalhadas mais adiante;
- 2) Definição das etapas de estudo: a etapa 1 de estudo correspondeu ao lote sem intervenção, ou seja, sem calha no telhado. A etapa 2 correspondeu ao uso da calha no telhado;
- 3) Coleta de dados: os dados de vazão foram coletados semanalmente ou quinzenalmente, gerando planilhas com a altura da coluna d'água em intervalos de tempo de 1 minuto. O pluviômetro fornece dados por basculada, sendo necessária a discretização para o intervalo desejado;
- 4) Definição de eventos: com gráficos de altura da coluna d'água no vertedor em função do tempo, foi usada a curva calibrada para se determinar os hidrogramas. Depois, foram feitas a identificação e separação dos eventos de vazão por meio da observação visual. Para a precipitação, os eventos foram separados observando se o tempo sem basculadas foi maior ou igual a 4 horas, semelhante a Silveira (2000). Em seguida foram compatibilizados os hietogramas com os hidrogramas, formando os eventos completos chuva-vazão;
- 5) Cálculos das variáveis pertinentes: foram calculados o coeficiente de escoamento de cada evento (equação 1), o volume escoado de cada evento (equação 2), a precipitação total de cada evento e alguns indicadores derivados como o coeficiente de escoamento global (volume total escoado na etapa/soma da precipitação total de todos os eventos da etapa), volume por dia de

monitoramento (volume total escoado na etapa/número de dias monitorados da etapa), a precipitação por dia de monitoramento (soma da precipitação total de todos os eventos da etapa/número de dias monitorados da etapa), outras estatísticas do coeficiente de escoamento e do volume;

$$C = \frac{V_e}{V_p} \quad (1)$$

$$V_e = \sum Q \cdot \Delta T \quad (2)$$

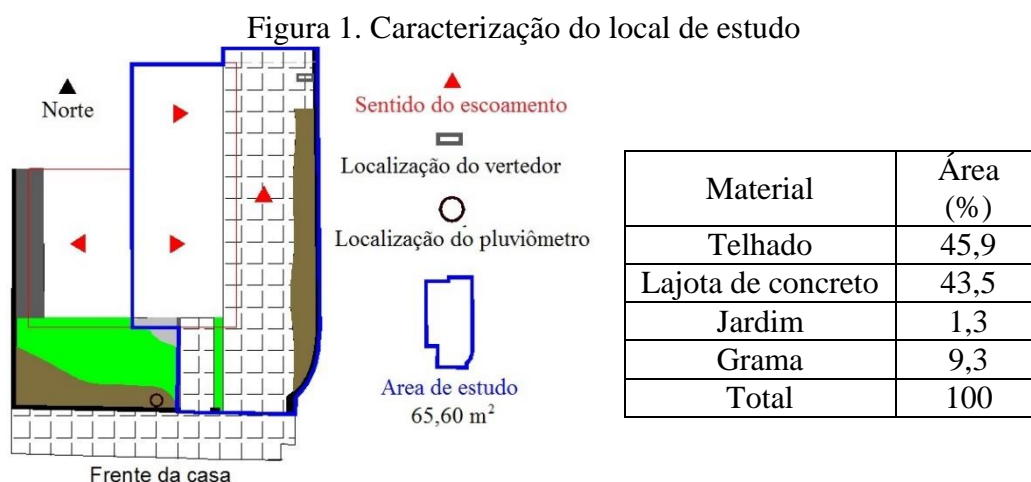
onde  $V_e$  e  $V_p$  são os volumes escoado e precipitado, respectivamente,  $Q$  é a vazão determinada pela equação calibrada do vertedor para cada intervalo de tempo em um evento,  $\Delta T$  é o intervalo de tempo discretizado.

6) Análise comparativa: com os indicadores do passo anterior, foi realizada uma síntese das duas etapas em tabela com os indicadores e gráficos de barras e diagramas de caixa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Área de estudo, monitoramento e instalação de equipamentos

Conforme ilustrado na Figura 1, o telhado representa quase metade da cobertura da parcela do lote estudada. A parte de lajota de concreto recebe o escoamento do telhado (sentido esquerda-direita) e das demais partes, conduzindo-o no sentido frente-quintal. Na primeira etapa do estudo, o escoamento caía do telhado de forma distribuída; na segunda etapa, o escoamento foi concentrado pela calha com a saída próxima ao vertedor (Figura 2).



**Figura 2. Equipamentos e telhado**



### **Análise comparativa**

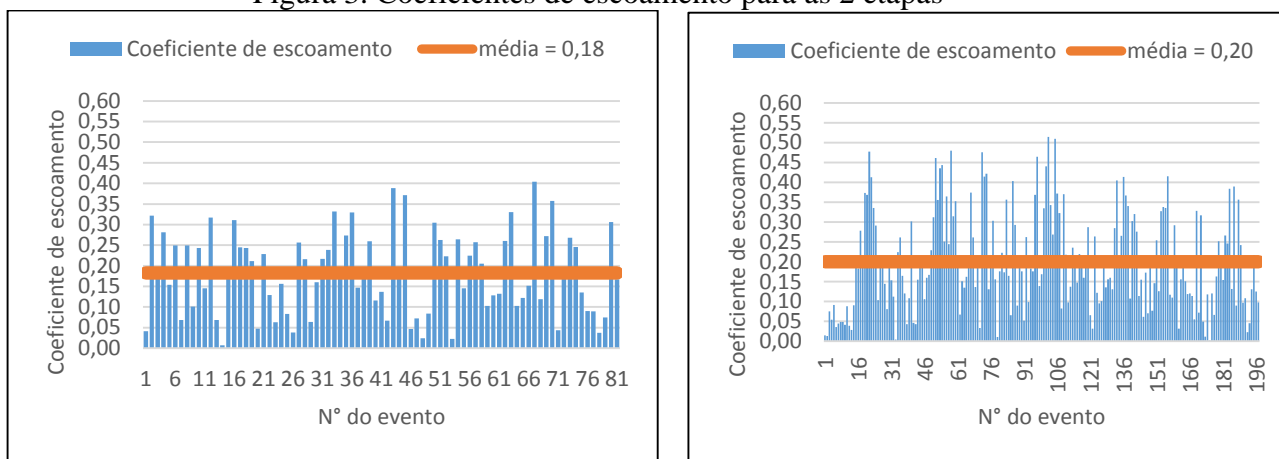
Como pode ser vista na Tabela 1, foram registrados 81 eventos para a etapa 1 e 197 eventos (58,9% a mais) para a etapa 2. As médias de coeficiente de escoamento para a etapa 1 e 2 foram 0,18 e 0,20, respectivamente, representando um aumento de 10,1% da etapa 1 para a 2, essa diferença pode ser visualizada nos gráficos de barras apresentados na Figura 3. A etapa 1 atinge um coeficiente máximo de 0,4, porém, na etapa 2, há um aumento de 28,6%, alcançando um coeficiente máximo de 0,51. Já o coeficiente de escoamento mínimo apresenta uma redução de 84,1%, de 0,01, da etapa 1, para 0,002, da etapa 2.

**Tabela 1. Estatística descritiva das duas etapas**

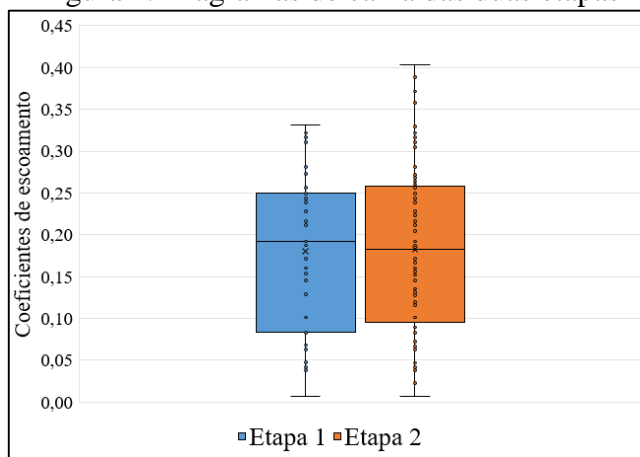
Estatísticas	Etapa 1	Etapa 2	Diferença (%)
Nº de eventos	81	197	143,2
Mínimo	0,010	0,002	-84,1
Máximo	0,40	0,51	28,6
Média	0,18	0,20	10,1
Desvio padrão	0,10	0,12	24,4
Coeficiente de variação	54,6	61,8	13,0
Mediana	0,182	0,176	-3,3
1º quartil	0,095	0,110	15,8
3º quartil	0,260	0,290	11,5

A Figura 4 mostra os diagramas de caixa para os coeficientes de escoamento das duas etapas do trabalho. Nota-se que tanto para os coeficientes maiores, tomados pelo 3º quartil, quanto para os coeficientes menores, tomados pelo 1º quartil, a etapa 2 apresenta valores que superam os da etapa 1. Logo, o diagrama da etapa 2 tem uma tendência global de estar posicionado mais acima do que o diagrama da etapa 1.

**Figura 3. Coeficientes de escoamento para as 2 etapas**



**Figura 4. Diagramas de caixa das duas etapas**



Conforme a Tabela 2, foram monitorados 14 dias a mais na etapa 2, o volume escoado na etapa 2 foi 34,4% maior, a precipitação total na etapa 2 foi 29,7% maior, de modo que houve mais aumento de volume escoado do que precipitação. Houve um aumento de 31,7% no volume por dia de monitoramento e de 27,0% na precipitação por dia de monitoramento, ou seja, mesmo filtrando falhas no monitoramento, diferenças no número de dias e efeitos de diferentes precipitações de um ano para o outro, houve mais aumento de volume escoado do que precipitação. Essa tendência dos parágrafos anteriores é revertida nos indicadores por evento: o volume por evento na etapa 1 foi 37,31% maior e a precipitação por evento na etapa 1 foi 41,57% maior.

**Tabela 2. Indicadores de comparação entre as duas etapas**

Indicador	Etapa 1	Etapa 2
Nº de eventos	81	197
C médio	0,18	0,200
Desvio padrão para C	0,10	0,12
Coeficiente de variação (%)	54,59	61,84



## XI Encontro Nacional de Águas Urbanas – 5 a 7 de Julho de 2017 – Belo Horizonte

Indicador	Etapa 1	Etapa 2
Volume total escoado (L)	11.611,5	17.702,2
Precipitação total (mm)	721,6	1.026,0
Coefficiente de escoamento global	0,25	0,26
Nº de dias monitorados	350	364
Volume por dia (L/dia de monitoramento)	33,2	48,6
Precipitação por dia (mm/dia de monitoramento)	2,06	2,82
Volume por evento (L/evento)	143,4	89,9
Precipitação por evento (mm/evento)	8,9	5,2

### CONCLUSÕES

Dos resultados mostrados na análise comparativa, observa-se que há uma pequena diferença no coeficiente de escoamento, porém o volume gerado na parcela do lote estudada apresenta mudanças significativas. Testes estatísticos e análise de incertezas a serem realizados poderão corroborar com análise. A quantidade de eventos na segunda etapa foi muito maior que na primeira. Em parte, isto se deve ao aumento na precipitação, mas também pode ser o efeito da instalação da calha, haja vista que, como ela concentra o escoamento no vertedor, eventos menores que não foram percebidos na primeira etapa, foram na segunda. O fato de a água do telhado ser distribuída na primeira etapa pode ter reflexo nas perdas. Outras análises serão realizadas em breve com os eventos selecionados a partir das maiores vazões de pico.

### AGRADECIMENTOS

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL), e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

### REFERÊNCIAS

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**, 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

SILVEIRA, A. L. L. Provável efeito urbano nas relações IDF das chuvas de Porto Alegre. In: TUCCI, C. E. M., MARQUES, D. M. L. M. *Avaliação e controle da drenagem urbana*, Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000, vol 1, p 129 – 152.

TOMINAGA, E. N. S. 2013. **Urbanização e cheias: medidas de controle na fonte**. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.