



## DESEMPENHO DE TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NOS LOTES URBANOS<sup>1</sup>

REIS, Ricardo Prado Abreu (1); ILHA, Marina Sangoi de Oliveira (2)

(1) EECA/ UFG, e-mail: ricardoprado.reis@outlook.com; (2) FEC/Unicamp, e-mail: milha@fec.unicamp.br

### RESUMO

A impermeabilização de áreas edificadas resulta no aumento do escoamento superficial, podendo contribuir para uma maior frequência de cheias urbanas. Visando diminuir o impacto da impermeabilização das superfícies urbanas, sistemas de infiltração de água de chuva vêm sendo propostos como medida compensatória de drenagem predial. Este trabalho objetiva avaliar o desempenho hidrológico de trincheiras de infiltração de água de chuva quanto a redução do volume de escoamento descarregado no sistema de drenagem urbano. Para tanto, foram executadas trincheiras de infiltração em uma área experimental a fim de possibilitar o monitoramento das vazões de entrada, volume infiltrado e volume extravasado durante eventos de chuva simulados, considerando-se vazões de 6,7 m<sup>3</sup>/h e 8,5 m<sup>3</sup>/h. Assim, foi possível construir os hidrogramas de saída dos sistemas e mensurar a parcela retida e infiltrada em relação ao volume de chuva de projeto. Observando uma eficiência de redução de escoamento superficial de aproximadamente 70%, devido a implantação da trincheira de infiltração, valor entre 14,6% e 16,1% superior ao esperado em projeto, foi possível destacar a relevância da adoção de sistemas de infiltração como medidas de desenvolvimento de baixo impacto para o controle de escoamento superficial em edificações urbanas.

**Palavras-chave:** Trincheiras de Infiltração. Infiltração de Água de Chuva. Drenagem na Fonte. Sistemas Prediais.

### ABSTRACT

*As a consequence of the impervious built-up areas it can be cited the increase in surface runoff, that consequently contributes to a higher frequency of urban flooding. In order to reduce the impact caused by compaction and sealing of large urban surfaces, stormwater infiltration techniques, have been widely proposed as a compensatory measure for building drainage. This research aims to evaluate the hydrologic performance of stormwater infiltration trenches to reduce runoff volume discharged into the urban drainage system. To that end, an infiltration trench was built in an experimental area in order to allow monitoring input flow rates, infiltrated volume and overflowed volume during simulated rain events, considering flow of 6.7 m<sup>3</sup>/h and 8.5 m<sup>3</sup>/h. Thus, it was possible to construct the discharge hydrograph of the systems and measure the amount of water retained and infiltrated by the system in relation to the total volume of design rain project. Observing a runoff reduction efficiency of approximately 70% due to the infiltration trench implementation, value between 14.6% and 16.1% higher than expected in the design, it was possible to highlight the*

---

<sup>1</sup> REIS, Ricardo Prado Abreu; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira. Desempenho de trincheiras de infiltração de água de chuva para controle do escoamento superficial nos lotes urbanos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

*importance of adopting infiltration systems as low-impact development measures for the control runoff in urban built-up areas.*

**Keywords:** Infiltration trenches. Low Impact Development. Source Drainage, On-lot Drainage, Storm Water Infiltration.

## 1 INTRODUÇÃO

O excesso de escoamento superficial é uma das consequências do crescimento desordenado das áreas impermeabilizadas, proporcionadas pelo processo de desenvolvimento das cidades. Visando minimizar os impactos ocasionados por este processo, técnicas mais sustentáveis de concepção de sistemas de drenagem de água pluvial vêm sendo desenvolvidas e investigadas nas últimas décadas. Segundo Stephens e Maclean (2011), a descentralização das estratégias de gestão de águas pluviais no meio urbano é uma importante medida para se obter um melhor desempenho dos sistemas de drenagem urbana. Para isto, devem ser adotadas soluções distintas, mas que se complementam, para a gestão do escoamento superficial gerado por diferentes intensidades de chuva (chuvas frequentes, chuvas intensas e eventos extremos) nas áreas urbanas, tais como: lotes edificadas, áreas públicas e áreas de risco.

Dentre as soluções compensatórias de drenagem urbana, podem ser citados os sistemas de drenagem no lote. Segundo Nascimento e Baptista (2009) e Hinman (2012), tratam-se de técnicas de gerenciamento de águas pluviais aplicadas a parcelas pequenas ou individuais de solo urbano, que visam conservar as características naturais do terreno por meio de ações da engenharia e, assim, possibilitam o manejo mais sustentável das águas pluviais dentro de lotes edificadas. Este conceito integra as práticas de desenvolvimento de baixo impacto LID (*Low Impact Development*) ou SUDS (*Sustainable Drainage System*).

Dentre as diversas práticas LID, as soluções que induzem a infiltração da água de chuva no solo têm sido frequentemente as mais pesquisadas e empregadas. Considerando que as áreas pavimentadas correspondem em média de 60% a 70% da área construída das edificações urbanas Ferguson (2005), sistemas de infiltração de água de chuva, como as trincheiras, se mostram uma estratégia importante para o gerenciamento de água pluvial no lote.

As trincheiras de infiltração constituem-se em valas de grande comprimento e pequena largura preenchidas com material granular Browne et al. (2013). Segundo Akan e Houghtalen (2003), as trincheiras normalmente são executadas com profundidades entre 0,6 a 3,0 m e preenchidas com material granular de porosidade acima de 30% e diâmetro entre 3 e 8 cm. Lima (2009) e Göbel et al. (2009) recomendam a utilização de material de preenchimento com porosidade acima de 35% (seixos, britas e outros), envolto em manta geotêxtil. Silva, Carvalho e Palmeira (2012) ainda citam o uso de materiais alternativos, tais como as garrafas PET, para o preenchimento das trincheiras de infiltração. Assim, o fluxo da água que

escoa superficialmente e é conduzido para o interior das trincheiras ficam armazenados até que, de forma gradual, o processo de infiltração da água de chuva para o solo esgote todo o volume ali armazenado.

A prática construtiva mais frequentemente observada consiste na utilização das trincheiras para a captação da água de escoamento superficial que passa sobre a sua superfície. Contudo, a introdução de tubos perfurados de descarga de águas pluviais no interior das trincheiras, possibilita um melhor aproveitamento do reservatório de amortecimento formado pelas trincheiras, já que desta forma, elas passam a receber diretamente a água provenientes de outras áreas impermeabilizadas de uma edificação.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento hidrológico de duas trincheiras experimentais de infiltração de água de chuva quanto ao controle de escoamento superficial, quando submetidas a ensaios com duas vazões de descarga, simulando chuvas com diferentes períodos de retorno.

## 2 MATERIAL E METODOS

No desenvolvimento desta pesquisa foram executadas duas trincheiras de infiltração experimentais, as quais foram dimensionadas de forma a receber em seu interior a vazão de chuva equivalente à captada por uma cobertura de fibrocimento de 10 x 5 m com inclinação de 10%. O experimento conta com bombas centrífugas com vazão regulável e medidores classe "D" para a simulação de chuvas e medição da vazão de água em tempo real.

As trincheiras foram executadas por meio de uma escavação de 0,80 m de profundidade e 5,0 m de comprimento. No fundo desta vala foi executada a trincheira, com uma seção de 0,60 x 0,60 m e 5,0 m de comprimento, preenchida com brita nº 1, envolta em manta geotêxtil (Bidim® RT-7), e aterrada por uma camada de 20 cm de areia.

Um tubo de descarga DN 100, perfurado com aproximadamente 120 furos de 5/16" por metro linear, foi instalado dentro da trincheira a uma altura de 0,40 m do fundo. Outro tubo DN 100 perfurado foi instalado na face superior da trincheira, a fim de funcionar como dreno quando a trincheira atingir sua capacidade máxima de operação.

Nas Figuras 1 a 3 observam-se as etapas executivas e o detalhe esquemático das trincheiras de infiltração utilizadas para o desenvolvimento desta pesquisa.

Figura 1 – Fases de implementação: escavação e instalação da trincheira de infiltração.



Figura 2 – Fase final da instalação das trincheiras de infiltração.



Figura 3 – Detalhe esquemático da trincheira de infiltração experimental.

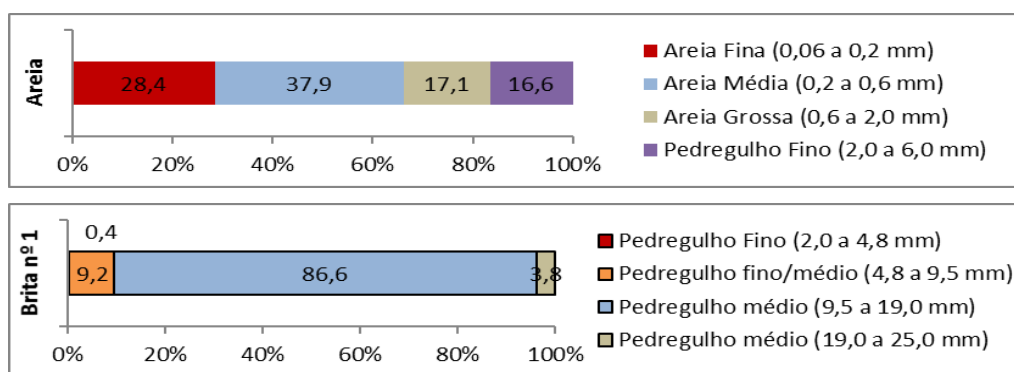


Com a finalidade de definir de forma mais precisa a capacidade de retenção das trincheiras, os materiais empregados no seu preenchimento (brita e areia), foram caracterizados quanto à fração granulométrica, porosidade e massa específica. Esses materiais foram comprados em lojas de materiais de construção do mercado da cidade onde foi desenvolvido o estudo experimental.

O procedimento utilizado para a determinação da fração granulométrica foi o peneiramento e pesagem do material previamente seco em estufa. A Figura 4 mostra as frações granulométricas resultantes.

A determinação da porosidade considerou valores com o material em estado natural e, posteriormente, com o material compactado por vibração durante 15 segundos. A porosidade foi determinada por meio da pesagem em recipiente com massa e volume conhecido (Quadro 1).

Figura 4 - Fração granulométrica dos materiais de preenchimento empregados na execução das trincheiras de infiltração.



Quadro 1- Valores de porosidade dos materiais utilizados no preenchimento das trincheiras de infiltração, considerando a situação compactada e não compactada.

	Material de Preenchimento			
	Areia		Brita	
	Não compactada	Compactada	Não compactada	Compactada
Porosidade amostra 1	38,50 %	32,00 %	46,53 %	42,68 %
Porosidade amostra 2	36,97 %	40,41 %	45,37 %	42,24 %
Porosidade amostra 3	36,59 %	32,77 %	45,88 %	42,70 %
<b>POROSIDADE MÉDIA</b>	<b>37,35 %</b>	<b>35,06 %</b>	<b>45,93 %</b>	<b>42,54 %</b>

Para a determinação da massa específica utilizou-se a pesagem em recipiente de volume conhecido, com água e, posteriormente, com o material de peso conhecido mais água. O Quadro 2 mostra os valores de massa específica dos materiais de preenchimento em estado natural.

Quadro 2 - Valores de massa específica dos materiais utilizados no preenchimento das trincheiras de infiltração.

	Material de Preenchimento	
	Areia	Brita
Massa específica dos grãos	2,62 g/cm <sup>3</sup>	2,79 g/cm <sup>3</sup>

A taxa de infiltração do solo foi determinada por meio dos valores médios de ensaios de rebaixamento de água feito no local de estudo em três poços de 0,15 m de diâmetro e 2,50 m de profundidade, escavados a trado sem revestimento, conforme critérios da ABGE (1996). Resultando em uma taxa de infiltração de  $2,53 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ . Amostras retiradas a cada 0,50 m de escavação desses três poços, até a profundidade de 2,50 m, indicaram que o solo pode ser classificado entre argila arenosa e silte arenoso, conforme o método de classificação granulométrica (ASTM D 2487, 2010).

Por meio dos parâmetros levantados dos materiais de preenchimento e das dimensões executivas das trincheiras de infiltração, pode-se recalculer o volume útil de projeto, que é igual a 920 litros, considerando a camada de brita mais a camada de areia utilizada no aterro até a metade da seção do tubo extravasor. Este valor foi utilizado para comparar o desempenho de retenção das trincheiras de infiltração em projeto e o desempenho observado em campo.

Para a avaliação do desempenho hidrológico dos sistemas de infiltração, além dos medidores de vazão, também foram empregados sensores de nível de água posicionados dentro de cada unidade de infiltração (trincheira de infiltração) e, também, dentro de reservatórios interligados a jusante do extravasor de cada sistema. Assim, foi possível traçar os hidrogramas levando em consideração as vazões de entrada e saída e os intervalos de tempo necessários para o enchimento total e o esgotamento dos mesmos.

Antes de cada ensaio os sistemas de infiltração foram enchidos e esvaziados por três vezes consecutivas, a fim de elevar o grau de umidade e de saturação do solo na região de contorno, de modo a simular a pior condição de funcionamento dos mesmos. O enchimento das trincheiras foi realizado com as mesmas vazões definidas para o ensaio e, era mantido até que o reservatório de captação do volume extravasado, posicionado a jusante da trincheira atingisse a sua capacidade limite, 500 Litros. Os quatro enchimentos e esvaziamentos consecutivos foram realizados em intervalos de 6h:12h:6h, considerando vazões de chuva de elevada intensidade e curta duração, geram uma condição que dificilmente ocorrerá em um cenário real. Com isso, criou-se um cenário que representa uma condição crítica de funcionamento. Assim, só foram considerados como resultados para as análises os dados coletados a partir do 4º procedimento de enchimento.

## 2.1 Avaliação do Desempenho Hidrológico

Visando avaliar o desempenho das trincheiras de infiltração de água de chuva foram adotadas duas chuvas de ensaio com vazões de  $8,56 \text{ m}^3/\text{h}$  e  $6,79 \text{ m}^3/\text{h}$  e, com duração de 11 minutos e 30 segundos e 15 minutos respectivamente. A primeira vazão de ensaio representa uma chuva de projeto com período de retorno de aproximadamente 13 anos e a segunda, uma chuva com período de retorno próxima de 7 anos. Estas definições foram feitas considerando-se a área de contribuição da área experimental,



equivalente a 53 m<sup>2</sup> (considerando a declividade da cobertura) e a equação de chuva para a cidade de Campinas-SP, elaborada por ZUFFO e LEME (2005). Ao todo foram realizados quatro ensaios, dois para cada vazão. Por fim, o tempo de ensaio foi definido de acordo com a capacidade limite de armazenamento do tanque que recebe a água de extravasamento das trincheiras de infiltração.

Assim, considerando-se os cenários de ensaio e os volumes úteis de projeto das trincheiras de infiltração, as capacidades de retenção seriam de 56%, para a vazão de 8,56 m<sup>3</sup>/h e 11 minutos e meio de duração e, de 54% para a vazão de ensaio de 6,79 m<sup>3</sup>/h com duração de 15 minutos. Nestes cenários, a taxa de infiltração foi desconsiderada, seguindo as recomendações de Campisano, Creaco e Modica (2011), que indicam ser muito baixo o percentual infiltrado em terrenos argilosos de baixa permeabilidade, para ser considerado na determinação do volume de sistemas de infiltração de água de chuva dimensionados com chuvas intensas e de pequena duração.

Para a avaliação do desempenho dos sistemas de infiltração foram monitorados o tempo de enchimento das trincheiras de infiltração e os volumes retido, infiltrado e de extravasamento. Os hidrogramas construídos para as vazões de saída e entrada nos sistemas de infiltração foram comparados com o hidrograma representativo do sistema sem nenhuma estratégia de infiltração, gerado por meio do método da curva cinemática (FHA, 2001), utilizado para o cálculo do tempo de concentração em pequenas áreas construídas e, também, observando o escoamento local.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 5 observa-se o conjunto de hidrogramas de saída do sistema experimental com e sem as trincheiras de infiltração para o estudo com a vazão de 8,56 m<sup>3</sup>/h e duração de 11 minutos e meio. Por sua vez, o conjunto de hidrogramas de saída do sistema experimental com e sem as trincheiras de infiltração para os ensaios realizados com a vazão de 6,79 m<sup>3</sup>/h e duração de 15 minutos está apresentado na Figura 6.

Em ambos os ensaios nota-se que as trincheiras de infiltração foram capazes de reduzir consideravelmente o volume descarregado de água pluvial. Para a maior vazão, as trincheiras foram capazes de reduzir em média 70,6% do volume total de ensaio, considerando a medição ao final do escoamento. Para a vazão de 6,79 m<sup>3</sup>/h os sistemas foram capazes de reduzir em 70,1% o volume total da chuva, também, considerando a medição ao final do escoamento. Neste sentido, considerando-se a eficiência esperada de projeto, os resultados apresentaram um desempenho superior, indicando uma influência maior do que a prevista do volume infiltrado durante o enchimento do sistema, mesmo para um solo com características argilosas.

A fim de avaliar as condições após o extravasamento, as duas trincheiras tiveram suas vazões de extravasamento medidas. A comparação das vazões de extravasamento em relação ao pico de vazão gerado sem os sistemas de infiltração mostra que houve amortecimento no pico da vazão

máxima do hidrograma de, aproximadamente, 12% para a vazão de 8,56 m<sup>3</sup>/h e, um amortecimento de 13,7% para a vazão de 6,79 m<sup>3</sup>/h.

Figura 5 - Hidrogramas de escoamento considerando cenários com e sem as trincheiras de infiltração e com vazão de ensaio de 8,56 m<sup>3</sup>/h e duração de 11 minutos e meio.

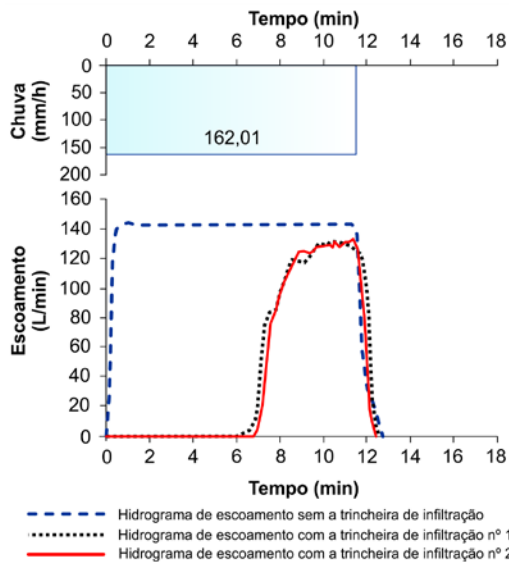
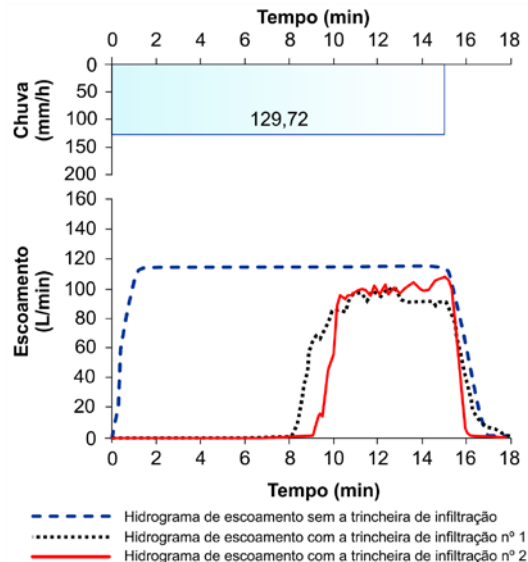


Figura 6 - Hidrogramas de escoamento considerando cenários com e sem as trincheiras de infiltração e com vazão de ensaio de 6,79 m<sup>3</sup>/h e duração de 15 minutos.



Na Figura 7 pode-se observar as porcentagens médias dos volumes de água retida, infiltrada e extravasada em dois períodos de análise para as trincheiras de infiltração, considerando os ensaios com a vazão de 8,56 m<sup>3</sup>/h. No período T1, têm-se os volumes percentuais imediatamente anteriores à ocorrência de extravasamento, e no período T2, os volumes percentuais imediatamente após o final da descarga de água no interior das trincheiras.

No período T1, aproximadamente um decimo do volume de água descarregado dentro das trincheiras foi infiltrado nos 6 minutos e 40 segundos iniciais. No período T2, igual a 11 minutos e 30 segundos, contabilizados após o início da chuva simulada, 68,5% do volume gerado até aquele momento foi retido e infiltrado pelo sistema.

Os perfis dos volumes durante a fase de enchimento das trincheiras e início do esvaziamento podem ser analisados na Figura 8. Por meio desta Figura, pode-se observar que o volume de infiltração permanece praticamente constante, durante todo o período de enchimento e extravasamento. Isto é atribuído a condição da região de contorno, onde a o grau de saturação elevado, atribui propriedades de percolação próximas à capacidade de campo do solo. Assim, pode-se dizer que o ensaio representa uma situação crítica, equivalente a pior situação considerada em projeto, conforme esperado. Ainda por meio da Figura 8, pode-se notar que, quando o sistema atinge sua capacidade limite, o volume retido permanece constante enquanto que o volume extravasado é crescente, até o momento em que a água deixa de ser descarregada dentro da trincheira e o extravasamento



finda alguns segundos após o período T2 (fim da descarga). Neste momento, o volume retido somado ao volume infiltrado representa 70,6% do volume total escoado, conforme citado anteriormente.

Figura 7 - Porcentagens Média para a vazão de 8,56 m<sup>3</sup>/h (Final do ensaio aos 11 minutos e meio).

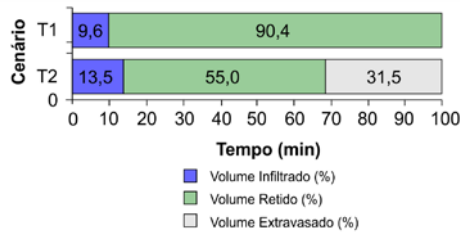
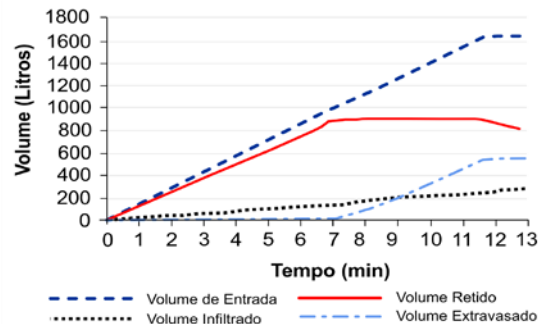


Figura 8 - Perfil hidrológico de escoamento durante a fase de enchimento, considerando o ensaio com vazão de 8,56 m<sup>3</sup>/h.



As porcentagens médias dos volumes de água retida, infiltrada e extravasada em dois períodos de análise para as trincheiras de infiltração, considerando os ensaios com a vazão de 6,79 m<sup>3</sup>/h são apresentadas na Figura 9. No período T1, aproximadamente um decimo do volume de água descarregado dentro das trincheiras foi infiltrado nos 8 minutos e 30 segundos iniciais. No período T2, igual a 15 minutos, contabilizados após o início da chuva simulada, 67,5% do volume gerado até aquele momento foi retido e infiltrado pelo sistema. Similarmente ao ensaio de maior vazão, observa-se, por meio da Figura 10, que volume infiltrado acumulado é representado por uma curva com crescimento constante, indicando que a percolação de água no solo está ocorrendo em um solo com elevado grau de saturação, próximo a sua capacidade de campo. Nesta Figura também pode-se observar que após o término do extravasamento, a eficiência da trincheira de infiltração, considerada a soma do volume retido e infiltrado em relação ao volume total escoado, foi de 70,1%.

A Figura 10 apresenta os perfis dos volumes durante a fase de enchimento e início do esvaziamento.

Figura 9 - Porcentagens Média para vazão de 6,79 m<sup>3</sup>/h (Final do ensaio aos 15 minutos e meio).

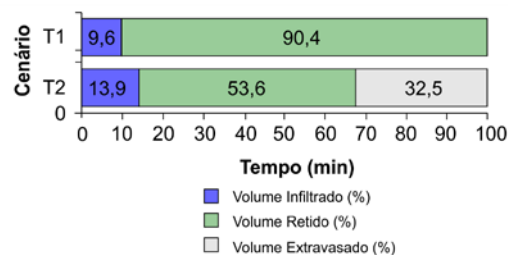
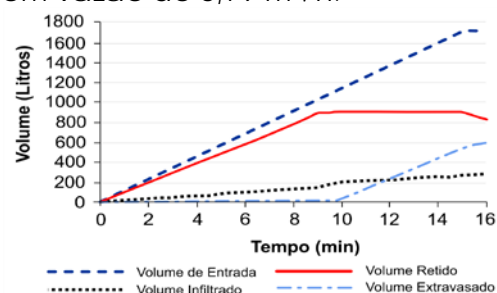


Figura 10 - Perfil hidrológico de escoamento durante a fase de enchimento, considerando o ensaio com vazão de 6,79 m<sup>3</sup>/h.



#### 4 CONCLUSÕES

Os sistemas de infiltração de água de chuva são soluções com grande potencial para a compensação do aumento do escoamento da água pluvial gerado pela impermeabilização de áreas durante a construção de edificações.

O desenvolvimento desta pesquisa, embasada na observação do funcionamento em campo de trincheiras de infiltração, pode auxiliar no estabelecimento de critérios mais precisos, que poderão ser utilizados para uma melhor concepção e implementação desse sistema em áreas edificadas mais sustentáveis. Obviamente que estudos mais criteriosos de avaliação da capacidade estrutural do solo, de contaminação da água subterrânea, de permeabilidade do solo, de processos de manutenção, entre outros, devem ser considerados caso a caso, quando se pretende adotar sistemas de infiltração como práticas de baixo impacto na construção de edificações.

Este estudo mostrou que sistemas de infiltração de água de chuva podem ser integrados aos sistemas prediais de água pluvial, proporcionando redução do volume escoado e, também, amortecimento das vazões de pico do hidrograma de escoamento.

Os resultados obtidos mostraram que as trincheiras de infiltração estudadas foram capazes de reter e infiltrar uma porcentagem superior a esperada em projeto. Assim, destaca-se que as trincheiras de infiltração dimensionadas a partir do equacionamento usualmente empregado, resultou em um volume superestimado para as vazões ensaiadas, o que enfatiza a necessidade de consideração da taxa de infiltração durante o dimensionamento desses sistemas.

Além do bom desempenho quanto à redução do volume total escoado, ressalta-se que mesmo quando submetidas a condições extremas de operação, quando o volume de chuva foi maior que o suportado pelas trincheiras, resultando em extravasamento, ainda assim houve redução no pico de vazão de saída do sistema predial de água pluvial na ordem de 12,0% a 13,7%.

Os resultados obtidos indicam a necessidade de um aprimoramento nos processos de dimensionamento dos sistemas prediais de infiltração de água de chuva. Visto que, o comportamento esperado, a partir do dimensionamento usual dos sistemas, o qual leva em conta apenas o volume de chuva gerado pela precipitação de projeto, não resultou em desempenhos similares aos dos sistemas de infiltração investigados na montagem experimental.

Em ambos os casos, os hidrogramas indicaram que a estrutura dos sistemas de infiltração proporcionou melhora no desempenho do sistema predial de água pluvial, conferindo, assim, maior grau de sustentabilidade com a gestão da água pluvial no próprio lote.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos pelo apoio financeiro e apoio de desenvolvimento:

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CIS Guanabará – Centro Cultural de Inclusão e Integração Social da Unicamp

Eternit, Aqualimp, Amanco e EcoTelhado

## REFERÊNCIAS

AKAN, A. Osman; HOUGHTALEN, Robert J. **Urban hydrology, hydraulics, and stormwater quality: engineering applications and computer modeling**. Wiley. 392p. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. **Ensaio de Permeabilidade em Solos: orientações para sua execução no campo: procedimentos**. ABGE, Boletim nº. 4, São Paulo. 1996.

ASTM Standard D2487 – 10. **Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)**. American Society for Testing Materials International, DOI: 10.1520/ D2487 – 10. West Conshohocken, PA. 2010.

Browne, D.; Deletic, A.; Mudd, G. M.; Fletcher, T. D. A two-dimensional model of hydraulic performance of stormwater infiltration systems. **Hydrological Processes**, v. 27, p. 2785-2799 Wiley Online Library. 2013.

CAMPISANO, A.; CREACO, E.; MODICA, C. A Simplified approach For the Design of Infiltration Trenches. **Water Science & Technology**, v. 64, n. 6, p. 1362-1367, 2011.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Urban Drainage Design Manual**. 2<sup>nd</sup> ed. Washington: Department of Transportation. Hydraulic Engineering Circular n. 22. 2001.

FERGUSON, B. K. *Porus Pavements*. Taylor & Francis – CRC Press. 576 p. 2005.  
GÖBEL, P.; ZIMMERMANN, J.; KLINGER, C.; STUBBE, H.; COLDEWEY, W. G. **Recommended urban storm water infiltration devices for different types of run-off under varying hydrogeological conditions**. Journal of Soils and Sediments, Urban Impact on soils and groundwater. Research Article., v. 8, n. 4, p. 231–238. doi: 10.1007/s11368-008-0020-6, 2009.

LIMA, V. C. G. da R. (2009). **Análise experimental e numérica de trincheiras de infiltração em meio não saturado**. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 170p. 2009.

HINMAN, Curtis. **Low Impact Development: Technical Guidance Manual For Puget Sound**. Washington State University WSU Puyallup Research & Extension Center. Puget Sound Action Team. Tacoma –WA, 365p. 2012.

NASCIMENTO, N. O.; BAPTISTA, M. B. *Técnicas Compensatórias em Águas Pluviais*. In: Righetto, Marozzi (Coord.) Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Rio Grande do Norte. ABES - PROSAB , Cap. 4. 397p. 2009.

SILVA, Joseleide Pereira, CARVALHO, José Camapum, PALMEIRA, Ennio Marques. Capítulo 18 - **Trincheiras como estrutura de infiltração**. Organizadores: CARVALHO, José Camapum, GITIRANA Jr. Gilson de Farias Neves, CARVALHO, Eufrozina Terezinha Leão. Tópicos sobre infiltração: teoria e prática aplicadas a solos tropicais. Série Geotecnia – UnB. Brasília - DF. p. 353- 374. 2012.

STEPHENS K.A., MACLEAN L - *Re-inventing urban hydrology in british columbia: runoff volume management for watershed protection* (2003). Available at: <<http://www.epa.gov/owow/NPS/natlstormwater03/38Stephens.pdf>>. Accessed on 2011, June 2011.

ZUFFO, A. C.; LEME, P. E. GRADEX e Santa Barbara: método híbrido para cálculo de vazão de projeto para macrodrenagem urbana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., João Pessoa, 2005. **Anais...** João Pessoa, 2005.