

## IX-068 – AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE SUPERFÍCIES PERMEÁVEIS NA REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO MUNICÍPIO DE CUIABÁ-MT

**Braulio Tosta Mendes de Freitas<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso.

**Leandro Obadowiski Bruno**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso. Mestrando em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Mato Grosso.

**Alexandre Silveira**

Professor do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Alfenas, campus Avançado de Poços de Caldas-MG. Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo.

**Frederico Carlos Martins de Menezes Filho**

Professor Assistente do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (DESA/UFMT). Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Doutorando em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo IPH/UFRGS.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** R: Generoso Ponce, 1790, Centro – Paranaíba - MS - CEP: 79500-000 - Brasil - Tel: (67) 3668 - 1746 e-mail: [braulio.tosta@gmail.com](mailto:braulio.tosta@gmail.com)

### RESUMO

A crescente urbanização observada nas últimas décadas tem agravado de forma significativa os problemas relacionados à drenagem urbana. Na medida em que a população altera a configuração do solo natural por superfícies impermeáveis acelera o escoamento superficial da água de chuva propiciando problemas recorrentes como as inundações nos períodos chuvosos. A partir desse problema, conceitos recentes relacionados ao desenvolvimento de sistemas de drenagem urbana sustentáveis e o uso das chamadas soluções alternativas ou técnicas compensatórias vem ganhando destaque em contraposição a drenagem clássica representada por galerias e canalização. Estes estudos indicam que o controle do escoamento superficial deve ser feito na fonte através de infiltração, percolação e armazenamento. Neste contexto, o presente trabalho teve o intuito de avaliar e comparar a eficiência de dois tipos de superfícies permeáveis (pavimentos de blocos de concreto vazados) e semi-permeável (pavimento de blocos de concreto maciços) na redução do escoamento superficial. A pesquisa fundamentou-se em realização de testes experimentais, conduzidos nas parcelas construídas para cada tipo de superfície, sob os quais foram realizadas chuvas artificiais com simulador calibrado a intensidade de 79 mm/h. Após a realização dos testes, o comportamento apresentado pelas superfícies atingiu o esperado com valores favoráveis em relação ao controle do escoamento superficial, conforme o encontrado na literatura. Os valores de coeficiente de escoamento superficial para os pavimentos permeáveis foram muito baixos, indicador de que praticamente não ocorreu escoamento superficial, enquanto que para os pavimentos semi-permeáveis os valores de coeficiente de escoamento não foram superiores a 0,24 para essa simulação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Drenagem Urbana, Técnicas Compensatórias, Pavimentos Permeáveis, Simulação de chuva.

### INTRODUÇÃO

A crescente urbanização observada nas últimas décadas tem agravado de forma significativa os problemas relacionados à drenagem. Áreas cada vez maiores se tornam impermeáveis, reduzindo a capacidade de infiltração no solo e acelerando a velocidade do escoamento superficial. O resultado deste processo é um aumento nos volumes escoados e nas vazões de pico e uma redução no tempo do escoamento, fazendo com que os hidrogramas de cheia sejam mais críticos (Souza; Goldenfum, 1999).

Na medida em que a população altera a configuração do solo natural por meio de diferentes estruturas de conforto, tais como casas, calçadas e ruas pavimentadas e acelera o escoamento superficial da água de chuva através de condutos e canais a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem

aumenta, resultando em sérios problemas de inundações. Dessa forma, é comum observar na maioria das cidades brasileiras a ocorrência de problemas sociais e ambientais atribuídos a eventos de precipitação intensa. As ações públicas para as soluções desses problemas no Brasil estão voltadas, na maioria das vezes, somente para as medidas estruturais. As soluções geralmente encontradas por parte do poder público têm sido as redes de drenagem, que simplesmente transferem a inundação de um ponto para outro a jusante na bacia sem que se avaliem os reais benefícios da obra. Estas ações de visão local atuam sobre o efeito e não sobre as causas do aumento da vazão, que é o aumento das superfícies impermeáveis (Araújo; Tucci; Goldenfum, 2000).

A partir desse problema, conceitos recentes relacionados ao desenvolvimento de sistemas de drenagem urbana sustentáveis e o uso das chamadas soluções alternativas ou técnicas compensatórias de drenagem vem ganhado destaque nos estudos de drenagem urbana. Nesse sentido, estudos recentes (MOURA 2005), indicam que o controle do escoamento superficial pode ser feito na fonte destacando micro-reservatórios, poços de infiltração, trincheiras. E a jusante está os reservatórios de detenção e retenção. Das várias denominações existentes, destacam-se ultimamente, a infra-estrutura verde (Green Infrastructure), compreendendo os eco-telhados, pavimentos permeáveis, biovaletas e também a coleta de água. Além do controle quantitativo, controlam a parte qualitativa pela redução de poluentes pela sedimentação e infiltração das águas pluviais, auxiliando ainda na redução de ilhas de calor, redução do consumo de energia e no sequestro de carbono.

Entre as estruturas que promovem a infiltração, existem as superfícies permeáveis, que podem ser utilizadas em áreas de estacionamento ou vias de pouco tráfego substituindo as superfícies impermeáveis (Moura, 2005). Urbonas e Stahre (1993) *apud* MOURA (2005) definem as superfícies permeáveis em dispositivos de infiltração onde o escoamento superficial é desviado através de uma superfície permeável, para onde infiltra através do solo, podendo sofrer evaporação ou atingir o aquífero.

Entretanto, a eficiência dessas soluções está condicionada às características locais como tipo de solo, regime de precipitações, topografia, qualidade das águas de drenagem, dentre outros. Por isso, a transferência de resultados ou métodos locais é bem menos aceitável do que era para as soluções tradicionais.

Neste contexto, o presente trabalho avalia a eficiência de dois tipos de superfícies permeáveis na redução do escoamento superficial no Município de Cuiabá-MT. A pesquisa envolveu a realização de testes experimentais, conduzidos em parcelas construídas para cada tipo de superfície, sob os quais foram realizadas chuvas artificiais com simulador.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento, efetuado na área da Universidade Federal de Mato Grosso, nas coordenadas 15° 36' 30.73" S e 56°3'30.18" W, constituiu em simulações de chuvas com simulador sobre dois tipos de superfícies permeáveis.

O simulador de chuvas utilizado nas simulações foi o aparelho desenvolvido por Alves Sobrinho (1997). Este simulador tem a capacidade de gerar precipitação com intensidades variáveis sobre uma parcela alvo de 1 m². A Figura 1 mostra o simulador de chuvas em funcionamento.



**Figura 1: Simulador de chuvas utilizado nas simulações.**

## **SUPERFÍCIES ESTUDADAS**

As superfícies permeáveis correspondem aos revestimentos aplicáveis em áreas urbanas, consideradas soluções alternativas de drenagem para a redução do escoamento superficial. Para o estudo, foram utilizados dois tipos de superfícies permeáveis, que são:

1. Superfície permeável: foram construídas três parcelas revestidas com blocos de concreto vazados preenchidos com material granular (areia), com declividade de 2 %. O material utilizado é constituído de blocos de concreto industrializados tipo bujão com seis centímetros de espessura, o qual permite a infiltração da água pelo orifício que se forma após a sua instalação.
2. Superfície semi-permeável: foram construídas três parcelas revestidas com blocos de concreto maciços preenchidos com material granular (areia), com declividade de 2 %. O material utilizado é constituído de blocos de concreto industrializados tipo prisma com seis centímetros de espessura, são intertravados de forma a permitir a infiltração da água apenas pelas juntas existentes entre os blocos.

Portanto, a instalação experimental correspondeu à 6 parcelas, representados por três tratamentos para cada tipo de superfície. As Figuras 2 e 3 apresentam as parcelas das superfícies estudadas.



**Figura 2: Parcela da Superfície Permeável.**



**Figura 3: Parcela Superfície Semi-permeável.**

Cada parcela experimental possui dimensões de 1,0 m x 1,2 m, com área efetiva de 0,7 m<sup>2</sup>. Foi constituída por um quadro metálico que delimita a área efetiva, uma calha que recolhe a água escoada superficialmente, além de uma mangueira e um reservatório (onde todo o escoamento superficial é direcionado).

### **ENSAIOS EXPERIMENTAIS E ANÁLISE DE DADOS**

Foram efetuadas simulações de chuvas com precipitação de 79 mm com duração de 60 minutos sobre as parcelas de superfícies permeáveis (blocos de concreto vazados) e semi-permeáveis (blocos de concreto maciços). Os escoamentos foram discretizados em intervalos de 2 minutos e medidos no momento da coleta por provetas graduadas.

Durante a realização dos ensaios experimentais, o comportamento hidrológico dos dispositivos implantados foi analisado por meio de balanço hídrico obtido entre o volume precipitado e a estimativa da vazão escoada superficialmente, o que permitiu realizar a análise da taxa de infiltração.

### **RESULTADOS OBTIDOS**

As simulações realizadas coincidiram com o período de seca para a região de Cuiabá, correspondendo à situação de baixa umidade das camadas superiores do solo. Em todos os experimentos, não foram registradas precipitações durante os 43 dias que antecederam os testes. As Tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, os resultados das simulações realizadas para as parcelas de superfícies permeáveis e semi-permeáveis com intensidade de precipitação de 79 mm.h<sup>-1</sup>.

Tabela 1 – Simulações nas parcelas permeáveis.

	Simulação parcela 1	Simulação parcela 2	Simulação parcela 3
<b>Precipitação (mm/h)</b>	79,00	79,00	79,00
<b>Duração (min)</b>	60,00	60,00	60,00
<b>Vol. Precipitado (L)</b>	55,30	55,30	55,30
<b>Vol. Escoado (L)</b>	0,65	0,68	0,64
<b>C<sub>esc</sub></b>	0,01	0,01	0,01

Tabela 2 – Simulações nas parcelas semi-permeáveis.

	Simulação parcela 1	Simulação parcela 2	Simulação parcela 3
<b>Precipitação (mm/h)</b>	79,00	79,00	79,00
<b>Duração (min)</b>	60,00	60,00	60,00
<b>Vol. Precipitado (L)</b>	55,30	55,30	55,30
<b>Vol. Escoado (L)</b>	12,11	13,30	10,63
<b>C<sub>esc</sub></b>	0,22	0,24	0,19

Para ambas as superfícies, os valores de coeficiente de escoamento superficial ( $C_{esc}$ ) apresentaram comportamentos bastante favoráveis com relação ao controle do escoamento superficial.

Como é possível observar na Figura 4, nas simulações de chuva artificial nas superfícies permeáveis praticamente não promoveram escoamento superficial. Os resultados demonstram que o escoamento superficial esteve na maior parte dentro da faixa de 0,8 a 1,4 mm/h valores estes, diminutos e que resultaram em baixo coeficiente de escoamento superficial. O pequeno escoamento gerado foi provavelmente devido ao arremate de concreto junto à face coletora do quadro metálico. Foram realizadas três simulações nas parcelas de superfície permeável, e para todas as três o resultado obtido foi de  $C_{esc}=0,01$ , o que corresponde à 7,9 mm de escoamento superficial.

Por outro lado, nas parcelas de superfícies semi-permeáveis, nos três ensaios realizados, os resultados obtidos apresentaram  $C_{esc}$  não superior à 0,24. A Figura 5 apresenta o comportamento do escoamento neste grupo de parcelas.

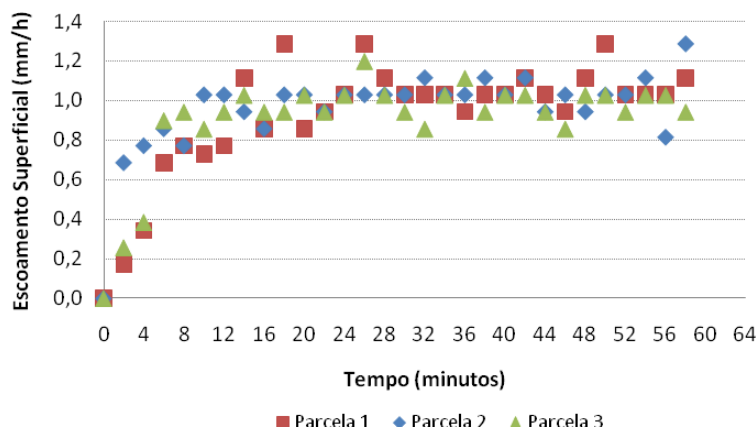


Figura 4: Comportamento do escoamento superficial gerado nas parcelas permeáveis.

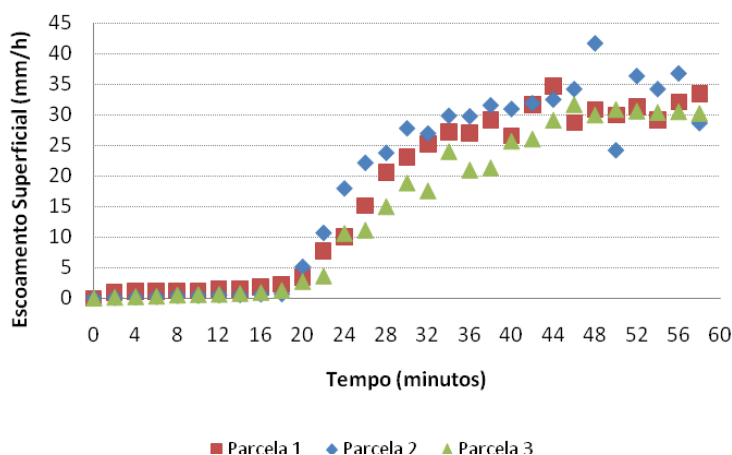


Figura 5: Comportamento do escoamento superficial gerado nas parcelas semi-permeáveis.

## CONCLUSÕES

Observa-se, portanto, que estes pavimentos não apenas mantêm as condições originais de geração de escoamento superficial, mas podem reduzir estes valores de coeficiente de escoamento superficial à praticamente zero, no caso da superfície permeável e um valor máximo de 0,24 para a superfície semi-permeável, dependendo das condições locais como tipo de solo, regime de precipitações, e outros. Com isto, mostram ser dispositivos altamente recomendados para o controle quantitativo na drenagem urbana. Levando em conta seu baixo poder de suporte e problemas de manutenção, recomenda-se que estas estruturas sejam utilizadas em calçadas e em estacionamentos para veículos leves em áreas comerciais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG – e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – pela concessão de bolsa de Mestrado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES SOBRINHO, T. (1997) **Desenvolvimento de um Infiltrômetro de Aspersão Portátil**. Viçosa, MG:UFV, 85 p. (Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola).
2. ARAÚJO, P.R., TUCCI, C.E.M., GOLDENFUM, J.A. (2000). **Análise da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial**, In: Tucci, C. e Marques, D. Avaliação e controle da drenagem urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade, pp. 351-362.
3. SOUZA, V. C. B.; GOLDENFUM, J. A. 1999. **Trincheiras de infiltração como elemento de controle do escoamento superficial: estudo experimental**, in Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, Belo Horizonte - MG.
4. MOURA, T. A. M. **Estudo Experimental de Superfícies Permeáveis Para o Controle do Escoamento Superficial em Ambientes Urbanos [Distrito Federal] 2005**. Xix, 117p. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.
5. MOURA, THALES AUGUSTUS MOREIRA. **Estudo Experimental de Superfícies Permeáveis Para o Controle do Escoamento superficial em Ambientes Urbanos**. Distrito Federal, 2005. Xix. 117p., 297 mm (ENC/FT/UNB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2005). Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.
6. TUCCI, C. E. M. (2000), “**Coefficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas**”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, V. 5 n1, 61-68.
7. TUCCI, M. E. C.; MARQUES, D. da M. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade/ UFRGS, 2000.