

IX-096 - ANÁLISE DA PERMEABILIDADE DE QUATRO TIPOS DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Thaís Nunes Faria⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa campus Rio Paranaíba

Lineker Max Goulart Coelho⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Ecole Nationale des Ponts et Chaussées – Paristech e pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre em Engenharia Hidráulica e Ambiental pela Ecole Nationale des Ponts et Chaussées – Paristech. Doutor em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Santa Luzia – MG.

Endereço⁽¹⁾: Rua Aristides José Dorneles, 50, apto 101 - Samambaia – Rio Paranaíba – Minas Gerais - CEP: 38880-000 - Brasil - Tel: +55 (34) 9 8812-8721 - e-mail: thaisnunesfaria@gmail.com

RESUMO

Com o êxodo rural e o processo de urbanização formando-se a partir de regiões ribeirinhas e muitas vezes sem a implantação de sistemas de drenagem, surgem atualmente técnicas a fim de proporcionar melhoras no sistema. Implantação de pavimentos permeáveis, é um exemplo de técnica compensatória utilizada visando alívio no sistema de drenagem. Sendo assim, o presente trabalho relata tem por objetivo realizar uma comparação experimental da capacidade de infiltração de água para quatro tipos de pavimentos: concreto poroso, bloco vazado com grama, piso de concreto e grama. Para isso montou-se um aparato experimental em escala piloto com 1 m² de área para cada tipo de pavimento. O aparato foi submetido a simulações de chuva por meio de microaspersores de água e os quantitativos de água infiltrada foram computados. Com base nos resultados pode-se observar que a grama e o bloco vazado com grama possuem uma maior porcentagem de infiltração isso significa que seriam ideais para o revestimento do solo, porém em áreas de estacionamento e calçadas o seu uso não é viável. Sendo assim esses dois pavimentos seriam ideais para o uso em jardins e em locais onde não há uma grande circulação de pessoas. Além disso, os estudos realizados mostram que, o concreto poroso apresenta permeabilidade semelhante a de gramíneas o que significa que representa uma situação semelhante a encontrada antes da urbanização contribuindo para o alívio do sistema de drenagem urbana e recarga do lençol freático.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto poroso, drenagem, permeabilidade, pavimento permeável.

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização brasileiro deu-se por volta dos anos 60 com a industrialização promovida pelos governos de Getúlio Vargas e Juscelino Kubitschek (PENA, 2005). O êxodo rural fez com que houvesse a formação de pequenos vilarejos em torno dos rios, garantindo assim água para a população residente.

Com o crescimento urbano acelerado e a falta de planejamento das novas cidades formadas intensificou-se problemas como o uso irregular do solo, a impermeabilização de áreas inadequadas e até mesmo a canalização de rios (TUCCI, 2005). Com isso, ocupação de áreas ribeirinhas, onde inundações naturais eram resultadas da flutuação dos rios durante os períodos secos e chuvosos, passou a ser um problema na qualidade de vida da população. Salienta-se que o número de casos de enchentes no Brasil cresce cada dia mais com as constantes mudanças climáticas. Os sistemas de drenagem brasileiros em sua maioria são ineficientes.

De fato o desenvolvimento urbano considera apenas o sombreamento, aspectos volumétricos e trânsito, despreza as outras infraestruturas como água, saneamento, drenagem urbana e inundações ribeirinhas. Não preserva as condições naturais de escoamento: infiltração e canais naturais; desenvolve os condutos e canais com superfícies de concreto para aumentar o escoamento; privilegia para o uso do espaço de acordo com os interesses de ocupação sem nenhuma preocupação de conservação ambiental (CRUZ & TUCCI, 2008).

Ressalta-se ainda que as práticas sanitárias de evacuação rápida das águas pluviais através de obras hidráulicas não são tão eficazes quanto o devido planejamento de ocupação do solo e a adoção de medidas

compensatórias, posturas essas que caracterizam um novo conceito de drenagem urbana, conhecida como drenagem sustentável ou técnicas compensatórias (GARRIDO NETO, 2012).

Uma alternativa são estruturas que permitem aumentar a infiltração nas áreas urbanas. O uso de pavimentos permeáveis tem crescido principalmente em áreas onde a pavimentação é insubstituível, como por exemplo, estacionamentos e calçadas. O concreto poroso é material que pode ser aplicado como uma técnica compensatória visando minimizar os impactos das mudanças climáticas. Ele permite a infiltração da água no solo e também pode ser utilizado associado a um sistema de captação de água para o reaproveitamento das águas de chuva.

O uso de técnicas compensatórias segundo Baptista (2015) baseiam-se, essencialmente, na retenção e na infiltração das águas precipitadas, visando o rearranjo temporal das vazões e, eventualmente, a diminuição do volume escoado, reduzindo a probabilidade de inundações e possibilitando ganhos na qualidade das águas pluviais.

Pavimento permeável ou poroso, por exemplo, apresenta elevada permeabilidade e favorecem a infiltração da água no solo, contribuindo para o controle da produção do escoamento superficial. No Brasil as áreas destinadas ao sistema viário e estacionamento podem chegar a 30% da área da bacia de drenagem, assim o uso de pavimentos permeáveis tem contribuído para o aumento dos deflúvios superficiais e dos problemas de inundações urbanas.

O uso de pavimentos permeáveis somente como uma superfície, por si só, não apresenta um ganho significativo para o sistema de drenagem. Porém, seu uso associado a uma estruturação do sistema, permitindo a reservação temporária de águas pluviais em seu interior, com possibilidade de infiltração, pode melhorar significativamente o controle da produção de escoamento em zona urbana (BAPTISTA,2015).

O uso correto de pavimentos permeáveis pode gerar, além dos ganhos hidrológicos, ganhos na circulação viária, com melhoria da segurança e conforto, reduzindo a formação de poças de água e melhoria da aderência, com redução da aquaplanagem, além da redução do ruído de circulação. Os pavimentos porosos que permitem a infiltração, geram ganhos ambientais como a recarga do lençol freático. Além disso, o uso de pavimentos permeáveis também representa ganhos financeiros, como por exemplo na redução das dimensões do sistema de drenagem.

O custo de implantação de pavimentos permeáveis assemelha-se aos custos de implantação de pavimentos tradicionais. Entretanto, ao se levar em consideração a relação custo-benefício sua viabilidade torna-se evidente. Todavia, o que pode reduzir a vida útil desse tipo de pavimento é o risco de colmatação, que consiste no entupimento dos vazios do concreto permeável, o que implica em uma recorrente manutenção do pavimento que pode gerar custos significativos.

OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é realizar uma comparação experimental da capacidade de infiltração de água para quatro tipos de pavimentos.

METODOLOGIA

As etapas da elaboração do projeto são apresentadas na Figura 1. Para a execução do projeto de análise de pavimentos, primeiramente foi feita uma regularização da área com o auxílio de retroescavadeira formando um desnível. Logo após os pavimentos foram escolhidos de acordo com a demanda da cidade de Rio Paranaíba e ai então foi realizada a montagem de acordo com artigos previamente estudados.

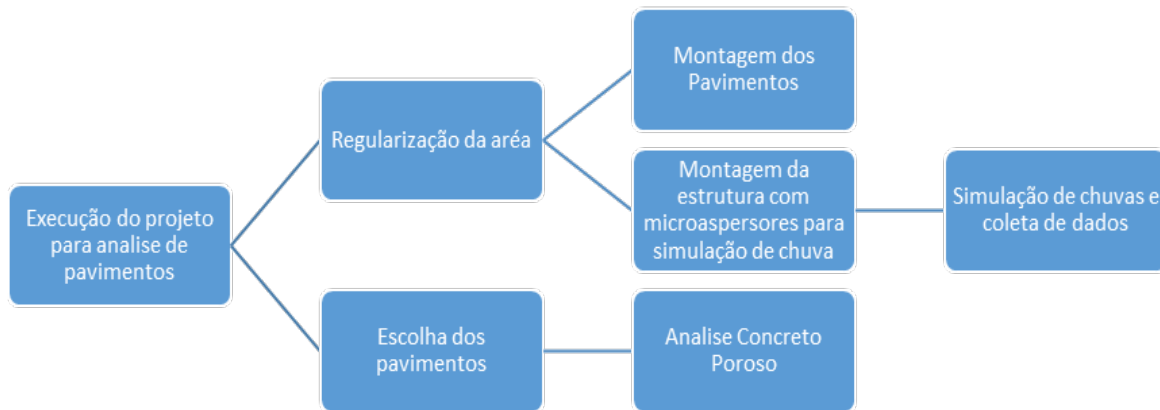


Figura 1: Etapas da elaboração do projeto para análise de pavimentos.

ESCOLHA DOS PAVIMENTOS

Os tipos de pavimentos utilizados na pesquisa em questão foram definidos com base em revisão da literatura. Para este estudo quatro pavimentos foram escolhidos: concreto poroso, bloco vazado com grama, piso de concreto e grama.

O concreto poroso foi produzido no laboratório do Instituto de exatas da Universidade Federal de Viçosa-campus Rio Paranaíba. Os traços utilizados foram definidos preliminarmente com base nos estudos de Araújo (1999). Os traços foram analisados e o escolhido foi 1:6:0,462, ou seja, para cada porção de cimento deveria haver seis de brita e 0,462 de água, já levando em consideração a absorção da brita. Por se tratar de um traço misto as porções de brita deveriam ser iguais em volume e peso. A brita utilizada foi a brita 0 pois foi levado em consideração o melhor aspecto visual e a melhor trabalhabilidade do concreto.

O bloco vazado com grama e o piso de concreto foram adquiridos no comércio local da cidade de Rio Paranaíba, sendo ambos produzidos pela empresa Constrular. O bloco vazado com grama possui 25cmx25cm de dimensões e o piso de concreto 30cmx30cm. A grama utilizada foi a grama esmeralda comum na região de estudo.

MONTAGEM DOS PAVIMENTOS

Para a montagem dos pavimentos primeiramente foi feito um desnível de 1:3. Neste desnível uma caixa de 4 metros por 1 metro foi instalada, esta caixa possui divisões que formam quatro áreas de 1m². Uma lona foi colocada por cima com a finalidade de vedar a estrutura, também foi colocado brita 1 no fundo de todas as áreas formando um fundo falso para que a água infiltrada pudesse ser direcionada aos tubos responsáveis pela coleta dessa água. Essa montagem pode ser observada na Figura 2.



Figura 2: Primeiro passo da montagem dos pavimentos.

Logo após os pavimentos foram então instalados, respectivamente, em suas áreas. Para que o solo utilizado na instalação não escoasse para as britas um pano fino foi colocado cobrindo a área e logo após solo e o pavimento. Ficando então da forma apresentada na Figura 3.



Figura 3: Segundo passo da montagem dos pavimentos.

MONTAGEM DOS MICROASPERSORES

Para simulação da chuva micro aspersores foram utilizados. O micro aspersor utilizado foi do tipo HADAR 7110, conforme mostrado na Figura 4, cor verde que possui uma vazão de 87 L/h. Foram utilizados cinco micro aspersores espaçados de um em um metro, fixados a um pórtico, como mostra as Figuras 5 e 6. Baldes de 20L foram fixados as saídas dos tubos para coletar a água infiltrada.



Figura 4: Micro aspersor modelo HADAR 7110 utilizado no simulador de chuva (MAKINO, 2017)



Figura 5: Pórtico sobre os pavimentos.



Figura 6: Microaspersores fixados ao pórtico sobre os pavimentos.

SIMULAÇÕES DE CHUVA

Após a montagem dos pavimentos e microaspersores pode-se dar início ao processo de simulação de chuvas. As chuvas foram feitas mantendo um padrão de horário, vazão, tempo de duração e clima do dia escolhido. Foram realizadas três simulações, com duração de uma hora para que fosse garantido semelhantes precipitações em ambas as simulações.

Primeiramente com o auxílio de anemômetro, para a medição do vento, e um psicrômetro, para medição da temperatura e umidade, foram levantados os dados: vento, temperatura e umidade; para que fossem garantidas condições semelhantes em todas as simulações. Então logo após deu-se início a simulação de chuva durante uma hora. Para medir a quantidade de água precipitada foram instalados pluviômetros em todas as áreas de pavimentos. Após o termino da simulação da chuva a água contida nos baldes era quantificada e logo após os cálculos para verificar a quantidade de água infiltrada eram feitos.

As simulações de chuva foram feitas nos dias 21, 22 e 24 de março de 2017, com as características apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características climáticas e de precipitação das simulações de chuva realizadas.

Data	21/03/2017	22/03/2017	24/03/2017
Horário (HH:MM)	14:48 – 15:48	14:02 – 15:02	14:30 – 15:30
Vento (KM/H)	0,4	0,9	0,8
Temperatura (°C)	27	29	25
Umidade (%)	59	61	67
Precipitação (mm)	6,28	6	7

PERMEABILIDADE DO CONCRETO POROSO

Com o intuito de medir a permeabilidade do concreto poroso produzido e utilizado como um dos pavimentos testados foram moldados três corpos de prova em tubos de PVC de diâmetro de 100mm e altura de 20 cm, que são apresentados na Figura 7.



Figura 7: Corpos de prova de concreto poroso.

O volume de cada corpo de prova é de 1,6l. Sabemos que a vazão é dada pela fórmula apresentada na Equação 1.

$$Q = \frac{V}{T} \text{ (m}^3\text{/s)} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

V= volume (m³)

T=tempo (s)

Assim, o volume do corpo de prova (1,6l) foi jogado com a mesma intensidade no corpo de prova, fazendo três repetições para cada um

Para o cálculo da permeabilidade a Lei de Darcy foi utilizada, conforme a Equação 2.

$$Q = K \cdot \frac{H}{L} \cdot A \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde:

Q= vazão (m³/s)

K=coeficiente de permeabilidade (m/s)

H= altura da lamina d'água(m)

L= comprimento do corpo de prova(m)

A= área do corpo de prova(m²)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ENSAIOS DE PERMEABILIDADE DO CONCRETO POROSO

Os tempos obtidos no ensaio de avaliação da permeabilidade do concreto poroso são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Tempos obtidos no ensaio de avaliação da permeabilidade do concreto poroso.

Corpo de prova	tempo (s)	volume (L)	vazão (L/s)	vazão(m ³ /s)
1	32	1,6	0,05	0,00005
1	39	1,6	0,04	0,00004
1	35	1,6	0,05	0,00005
2	28	1,6	0,06	0,00006
2	31	1,6	0,05	0,00005
2	31	1,6	0,05	0,00005
3	31	1,6	0,05	0,00005
3	26	1,6	0,06	0,00006
3	23	1,6	0,07	0,00007

Por meio da equação 2 foi calculado um coeficiente de permeabilidade para cada vazão obtida, conforme é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Coeficiente de permeabilidade do concreto poroso.

Corpo de prova	Vazão (m ³ /s)	Área (m ²)	Coeficiente de permeabilidade - K (m/s)
1	0,00005	0,0079	0,0063291
1	0,00004	0,0079	0,0050633
1	0,00005	0,0079	0,0063291
2	0,00006	0,0079	0,0075949
2	0,00005	0,0079	0,0063291
2	0,00005	0,0079	0,0063291
3	0,00005	0,0079	0,0063291
3	0,00006	0,0079	0,0075949
3	0,00007	0,0079	0,0088608

Com base nos dados da Tabela 3 a média do coeficiente de permeabilidade do concreto poroso produzido foi de 0,0067 m/s. Segundo a NBR 16416:2015, que dispõe sobre pavimentos permeáveis de concreto, o concreto poroso deve possuir permeabilidade superior a 10⁻³ m/s.

Sendo assim, conforme a Tabela 3 todos os valores do coeficiente de permeabilidade obtidos para o concreto poroso produzido alcançaram valores superiores ao limite da norma em questão. Com isso, nota-se que o concreto poroso utilizado nos ensaios do estudo em questão encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pela norma supracitada, o que justifica sua utilização no presente estudo.

SIMULAÇÕES DE CHUVA

Após a realização das simulações de chuva uma média dos resultados obtidos. A Tabela 4 apresenta um resumo dos resultados médios de infiltração e escoamento para cada tipo de pavimento.

Tabela 4: Porcentagem infiltrada de cada pavimento.

Pavimento	Porcentagem infiltrada
Concreto Poroso	73%
Bloco vazado com grama	82%
Piso de concreto	0,5%
Grama	89%

Pode-se observar que a grama e o bloco vazado com grama possuem uma maior porcentagem de infiltração, isso significa que seriam ideais para o revestimento do solo, porém em áreas de estacionamento e calçadas o seu uso não é viável, sendo assim esses dois pavimentos seriam ideais para o uso em jardins e em locais onde não há uma grande circulação de pessoas.

O concreto poroso também apresentou porcentagens de água infiltrada elevadas se comparados com os pisos de concreto e compatíveis com os requisitos da NBR14416:2015, mas inferiores as taxas de infiltração de concreto poroso apresentadas em outros estudos. Isso provavelmente ocorreu devido a diferenças nos traços do concreto poroso, método de execução e características dos materiais utilizados, os quais interferem diretamente nas propriedades do concreto (PETRUCCI, 2005).

Todavia, o concreto poroso, por sua vez, possui uma taxa de infiltração superior a dez vezes a obtida com o piso de concreto. Sendo assim, em locais onde há necessidade de pavimentação o uso do concreto poroso mostra-se bem atrativo comparado ao piso de concreto, pois garante as condições de pavimentação necessárias e permite a infiltração da água no solo.

CONCLUSÃO

Com base no trabalho realizado conclui-se que o uso dos pavimentos permeáveis contribui para a redução do escoamento superficial das águas de chuvas aliviando o sistema de drenagem urbana. A substituição do piso de concreto convencional pelo concreto poroso faz com que aconteça aumento da quantidade de água infiltrada no subsolo contribuindo para a recarga do lençol freático.

Conforme já esperado, áreas gramadas e o piso de concreto vazado possuem as mais altas taxas de infiltração dentre os tipos de cobertura superficial avaliados. Além disso, ao concreto poroso, apesar de apresentar valores e permeabilidade inferiores aos relatados na literatura, possui taxa de infiltração de água cerca de dez vezes superior a do piso de concreto convencional, sendo por isso uma importante alternativa de pavimento visando o aumento da infiltração em áreas urbanas, tais como calçadas e estacionamentos.

Sendo assim, com base nos resultados do presente trabalho aconselha-se quando possível o uso de gramas e blocos vazados com grama, pois apresentam uma grande porcentagem de água infiltrada, em casos onde não é possível o uso desses tipos o ideal seria o uso de concreto poroso em substituição ao piso de concreto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, P.R., TUCCI, C.E.M., GOLDENFUM, J.A. 1999. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. Porto Alegre-RS
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16416: Pavimentos Permeáveis de Concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Minas Gerais: Rio Paranaíba. 2016.
3. BAPTISTA, M. NASCIMENTO, N. BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana, Porto Alegre: ABRH, 2015. 2ª reimpressão da 2ª edição 318p.
4. CRUZ, M. A. S. TUCCI, C. E. M. Avaliação dos Cenários de Planejamento na Drenagem Urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, RBRH, Vol.13, N°3. Pag.59-71 Julho/Setembro, 2008.
5. GARRIDO NETO, Pedro de Souza. Telhados verdes associados com sistema de aproveitamento de água de chuva: Elaboração de dois projetos para futuros estudos sobre esta técnica compensatória em drenagem urbana e prática sustentável na construção civil. Projeto de conclusão do Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, UFRJ, Rio de Janeiro, 2012.
6. MAKINO. Micro aspersores catalogo. Disponível em: <https://makino.com.br/bombas-pressurizadoras/microaspersor-hadar-verde%20?sort=rating&order=DESC>. Acessado em 25 de janeiro de 2017.
7. MIGUEZ, M.G., VERÓL, A.P.; REZENDE, O.M. Drenagem Urbana: Do projeto tradicional à sustentabilidade. Rio de Janeiro: Campus - Grupo Elsevier, 2015. 384 p.
8. PENA, R. A. A Urbanização Brasileira. 2005. Disponível em <<http://escolaeducacao.com.br/urbanizacao-brasileira>> Acesso em: 25 de janeiro de 2017.
9. PETRUCCI, Eladio G. R. Concreto de Cimento Portland. 14. ed. São Paulo: Globo, 2005.

10. TUCCI, C.E.M. Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, RBRH, Vol.5, N°1, Pag. 61-68, Janeiro/Março, 2000.
11. TUCCI, C.E.M. et al. Hidrologia: ciência e aplicação. 2.ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2001.943p.
12. TUCCI, C. E. M. Programa de drenagem sustentável: apoio ao desenvolvimento do manejo das águas pluviais urbanas - Versão 2.0. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.