

ESTUDO EXPERIMENTAL DO CONCRETO PERMEÁVEL

Patricia Tainá da Silva Correa Antunes, Antônio Roberto Martins Barboza de Oliveira

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Brasil.
E-mail: antunes-patricia@outlook.com, armbo@puc-rio.br

Introdução

Com intuito de mitigar os efeitos negativos ocasionados pela urbanização, surgiram novas técnicas de drenagem urbana. Inicialmente, nos Estados Unidos em 1970 denominadas como *Best Management Practices* (BMPs) e, posteriormente, no Reino Unido em 1980 como *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS). Segundo Canholi (2014), essas técnicas tem como objetivo reproduzir o ciclo hidrológico natural, mitigando os picos de cheia e reduzindo a poluição difusa através de dispositivos de infiltração, retenção e transporte, tais como telhados verdes, trincheiras de percolação e pavimentos permeáveis.

Diferentemente dos pavimentos tradicionais, os pavimentos permeáveis permitem a infiltração da água pluvial na sua superfície. A água infiltrada é armazenada temporariamente antes da sua utilização, infiltração no solo, ou descarga controlada à jusante.

Os pavimentos permeáveis podem ser classificados quanto ao tipo de infiltração no solo em: infiltração total (ou tipo A), infiltração parcial (ou tipo B), e sem infiltração (ou tipo C).

Eles ainda podem ser classificados quanto ao tipo de revestimento em: concreto permeável (ou poroso), asfalto poroso, blocos de concreto vazados preenchidos com vegetação ou areia, grama reforçada (também denominado de segmentos de plástico preenchidos com grama). (Ballard *et al.*, 2015). Nesse trabalho será abordado o revestimento de concreto permeável.

O revestimento é a camada superior do pavimento a qual deve permitir a infiltração da água, além de resistir aos esforços mecânicos. A Figura 1 apresenta a estrutura típica dos pavimentos permeáveis de concreto a qual é formada principalmente pelas camadas: revestimento, base (ou reservatório) e subleito. Podem ainda compor a sua estrutura: a camada filtro, geomembrana, camada de assentamento e drenos.

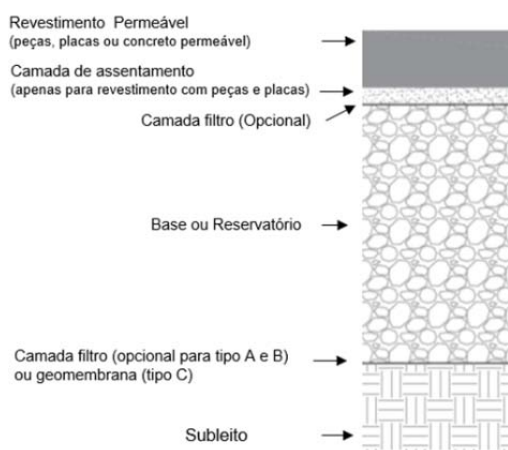


Figura 1.- Estrutura típica do pavimento permeável
Fonte: Adaptado de Ferguson (2005).

Os pavimentos de revestimento poroso, tais como os de concreto poroso e asfalto poroso, apresentam limitada ou ausência de finos os quais criam vazios que são capazes de armazenar água pluvial dentro deles, e ainda os poros são capazes de reduzir o efeito das ilhas de calor. (Chandrappa, Biligiri, 2016).

No entanto, a aplicação desses pavimentos apresenta as seguintes desvantagens: baixa resistência – permitindo sua aplicação apenas em locais de baixo tráfego, tais como calçadas e estacionamentos; possibilidade de colmatação ao longo de tempo em caso de dimensionamento e manutenção inadequados. (Field *et al.*, 1982; UDFCD, 2010).

O concreto poroso é feito de agregados graúdos, cimento e água com pouco ou sem agregados finos. A função do agregado é formar a estrutura do concreto. A pasta de cimento ou argamassa une os agregados. Desta maneira, esse tipo de concreto contém mais espaços vazios do que o convencional, permitindo a infiltração da água, porém sua resistência é baixa devido aos vazios. (Lian *et al.*, 2011; Yang, Jiang, 2002).

Objetivo

O objetivo principal deste trabalho foi analisar o material concreto permeável, visando a sua aplicação como camada de revestimento de pavimentos permeáveis para aplicação em calçadas, a fim de atenuar as cheias urbanas.

O presente estudo pretende ainda contribuir para disseminar o conhecimento técnico sobre os pavimentos permeáveis de concreto na América Latina. Segundo Chandrappa & Biligiri (2016), o pavimento permeável está sendo estudado e aplicado em várias partes do mundo, porém sua aplicação ainda não avançou em países em desenvolvimento devido à falta de especificações técnicas nesses países.

Estudo experimental

Com intuito de estudar as características mecânicas e hidráulicas do concreto permeável para escolher a mais adequada para a aplicação em calçadas, foram preparadas 7 diferentes tipos de misturas, variando principalmente o consumo de cimento em relação à massa total (kg/m^3), fator água cimento (A/C), teor de agregado em relação ao cimento (Ag/C), diâmetro do agregado, conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1.- Principais características dos traços estudados.

Mistura	Consumo de cimento kg/m^3	A/C	Ag/C	Diâmetro do agregado (mm)	
				9,5 a 6,3	6,3 a 2,4
				%	%
T1	180,00	0,25	8,75:1	0	100
T2	225,00	0,25	6,75:1	0	100
T3	270,00	0,25	5,42:1	0	100
T4	315,00	0,25	4,46:1	0	100
T5	315,00	0,30	4,41:1	0	100
T6	315,00	0,30	4,41:1	100	0
T7	315,00	0,33	4,38:1	100	0

Foram realizados cinco tipos de ensaios, sendo estes: massa específica, índice de vazios, permeabilidade à carga constante, resistência à compressão e resistência à tração na flexão.

Para cada tipo de ensaio foram moldadas três amostras para cada mistura estudada, utilizando-se os seguintes materiais:

cimento Portland CP II-E-32, água e agregado. A Figura 2 ilustra as amostras de concreto permeável.



Figura 2.- Amostras de concreto permeável.

Resultados

Os resultados dos cinco ensaios foram analisados e tratados estatisticamente, sendo obtidos os parâmetros:

- Massa específica em kg/m^3
- Índice de vazios em %
- Coeficiente de permeabilidade em cm/s
- Resistência à compressão aos 28 dias em MPa
- Resistência à tração na flexão aos 28 dias em MPa

Também foram estudadas as seguintes relações:

- Índice de vazios e permeabilidade
- Teor de agregado e massa específica
- Massa específica e índice de vazios
- Consumo de cimento e resistências mecânicas
- Resistências mecânicas e permeabilidade

Conclusões

Com base nos resultados dos ensaios realizados, pode-se concluir que o aumento do consumo de cimento e do fator água cimento para as amostras com faixa de agregados variando de 6,3 a 2,4 mm (T1 a T5), elevou gradativamente a resistência mecânica do concreto e, simultaneamente, proporcionou maior índice de vazios e permeabilidade. Nos traços T1 a T5, tal resultado pode ser explicado devido à quantidade insuficiente de área de pasta de cimento para promover a ligação dos grãos, a qual também não permitia uma compactação eficiente devido ao atrito entre os agregados. Desta maneira, o aumento do volume de pasta proporcionou aumento das resistências mecânicas e do índice de vazios, proporcionando maior permeabilidade. No

entanto, embora apresentando resistência mecânica suficiente para aplicação em calçadas, o coeficiente de permeabilidade dos traços T1 a T5 ficou abaixo do esperado.

Ao alterar os diâmetros dos agregados para faixa de agregados de 9,5 a 6,3 mm no traço T6, obteve-se um concreto de maior permeabilidade e menor resistência. Todavia as resistências mecânicas encontradas ainda estão de acordo com os critérios estabelecidos para tráfego de pedestres.

A fim de melhorar ainda mais a permeabilidade no traço T7 aumentou-se o fator água cimento, mantendo-se as demais características de T6, e obteve-se um concreto permeável de maior permeabilidade e de menores resistências mecânicas. No entanto, mais uma vez, as resistências mecânicas encontradas não impedem o uso do concreto estudado em calçadas.

Portanto, o traço T7 é o mais indicado para a camada de revestimento de pavimento permeável para aplicação em calçadas.

Referencias bibliográficas

- Ballard, W. B. et al** (2015). *The SuDS Manual*. Londres, Inglaterra.
- Canholi, A.** (2014). *Drenagem Urbana e Controle de Enchentes*. 2.ed. São Paulo. Editora Oficina de Textos.
- Chandrappa, P. K. and A. K. Biligiri** (2016), "Pervious concrete as a sustainable pavement material – Research. Findings and future prospects: A state-of-the-art review". *Construction and Building Materials*, Vol. 11, Maio 2016, pp.262-274.
- Ferguson, B. K.** (2005) *Porous Pavements*. CRC Press, 577p. Florida, Estados Unidos.
- Field, R.; H. Masters and M. Singer** (1982). "Status of Porous Pavement Research". *Water Research*, Vol. 15, pp.849-858. Estados Unidos.
- Lian, C., Y. Zhuge and S. Beecham** (2011). "The Properties of Porous Concrete". Tese de doutorado. Austrália, Página 2
- UDFCD – Urban Drainage And Flood Control District.** (2010). *Urban Storm Drainage Criteria Manual, Vol. 3, Stormwater Best Management Practices*. Colorado, Estados Unidos.
- Yang, J. Jiang, G.** (2002). "Experimental study on properties of pervious concrete pavement materials". *Cement and Concrete Research*. Vol. 33, Março 2003, pp 381–386.