

Concreto permeável: principais características e aplicação em pavimentação

Pervious concrete: main characteristics and application in paving

Hormigón permeable: principales características y aplicación en pavimentación

Rodrigo Garozi da Silva

Mestrando em Engenharia Civil e Bolsista CAPES, UNESP/FEIS, Brasil.
garozirodrigo@gmail.com

Marcelo Bortoletto

Mestrando em Engenharia Civil e Bolsista CAPES, UNESP/FEIS, Brasil.
marcelobortoletto05@gmail.com

Felipe de Almeida Spósito

Mestrando em Engenharia Civil e Bolsista CAPES, UNESP/FEIS, Brasil.
felipsposito@gmail.com

Sherington Augusto Milani Bigotto

Mestrando em Engenharia Civil e Bolsista CAPES, UNESP/FEIS, Brasil.
sherington.bigotto@outlook.com

Camila Cassola Assunção

Mestrando em Engenharia Civil e Bolsista CAPES, UNESP/FEIS, Brasil.
camila.cassola.assuncao@gmail.com

Maria da Consolação Fonseca de Albuquerque

Professora Doutora, UFSCar, Brasil.
maria.albuquerque@unesp.br

RESUMO

A pavimentação permeável é uma alternativa interessante que ajuda a minimizar problemas de enchentes em grandes cidades, que causam danos principalmente sociais e ambientais. O objetivo deste trabalho é apresentar brevemente as principais características de pavimentos revestidos em concreto permeável, bem como comentar de forma concisa os principais aspectos interessantes do ponto de vista prático e técnico. Foi realizada uma breve apresentação, e posteriormente abordados os principais aspectos quanto à resistência, permeabilidade e a estrutura dos pavimentos em concreto permeável. A partir das abordagens, pode-se concluir que este tipo de solução é bastante eficaz para muitos problemas ambientais e sociais causados pela impermeabilização das superfícies e que os benefícios deste tipo de solução dependem, sobretudo, de um bom planejamento e dimensionamento.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimento permeável. Concreto permeável. Enchentes. Permeabilidade.

ABSTRACT

Pervious paving is an interesting alternative that helps minimize flooding problems in large cities, which cause mainly social and environmental damage. The aim of this work is to briefly present the main characteristics of pervious concrete pavements, as well as to concisely comment on the main interesting aspects from a practical and technical point of view. A brief presentation was performed, and then the main aspects related to the strength, permeability and the structure of pervious concrete pavements were discussed. From the approaches, it can be concluded that this type of solution is quite effective for many environmental and social problems caused by the waterproofing of surfaces and the benefits of this type of solution depend mainly on good planning and design.

KEYWORDS: Pervious Pavement. Pervious concrete. Flood. Permeability.

RESUMEN

La pavimentación permeable es una alternativa interesante que ayuda a minimizar problemas de inundaciones en grandes ciudades, que causan daños principalmente sociales y ambientales. El objetivo de este trabajo es presentar brevemente las principales características de pavimentos revestidos en hormigón permeable, así como comentar de forma concisa los principales aspectos interesantes desde el punto de vista práctico y técnico. Se realizó una breve presentación, y posteriormente abordados los principales aspectos en cuanto a la resistencia, permeabilidad y la estructura de los pavimentos en hormigón permeable. A partir de los enfoques, se puede concluir que este tipo de solución es bastante eficaz para muchos problemas ambientales y sociales causados por la impermeabilización de las superficies y que los beneficios de este tipo de solución dependen, sobre todo, de una buena planificación y dimensionamiento.

PALABRAS CLAVE: Pavimento permeable. Hormigón permeable. Inundaciones. Permeabilidad.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades sem o devido planejamento urbano gera muitos problemas associados. Dentre os principais, podemos citar as enchentes e demais danos ocasionados por chuvas intensas, que sem os sistemas de captação e dissipação adequados causam enormes prejuízos tanto de cunho ambiental como de cunho social.

A impermeabilização de superfícies sem o devido planejamento é um dos principais fatores ocasionadores do problema, pois sem a infiltração que ocorreria normalmente no solo natural, a água escoava pelas superfícies, chegando com grande volume à jusante.

O concreto permeável utilizado como revestimento em pavimentos permeáveis colabora para a mitigação deste problema, pois através de sua utilização é possível promover a infiltração das águas de chuva no solo, minimizando o volume escoado. Tal tecnologia vem ganhando destaque em pesquisas no Brasil, além de ser uma das práticas recomendadas pela *Environmental Protection Agency* (EPA).

Este artigo tem como principal objetivo apresentar uma revisão da literatura, apresentando alguns trabalhos relevantes que tratam sobre o tema, além de expor algumas das principais características de pavimentos permeáveis em especial os constituídos em concreto permeável, indicando suas principais características, benefícios e desvantagens.

2 METODOLOGIA EXPLORATÓRIA

2.1 Apresentação dos pavimentos permeáveis

A pavimentação permeável tem como principal objetivo permitir a infiltração de água proveniente das precipitações para o solo. Também é possível a construção de pavimentos permeáveis com o objetivo de captação, direcionamento e armazenamento das águas para reutilização. Ainda podem existir pavimentos mistos, que promovem a infiltração de parte da incidência pluviométrica, e parte é captada e direcionada para reutilização ou simplesmente direcionada para a rede de coleta pluvial (FERGUSON, 2005; SUZUKI; AZEVEDO; KABBACH JÚNIOR, 2013).

No caso dos pavimentos para infiltração total de água, ainda é possível que este promova a mitigação passiva ou ativa. Na primeira, o pavimento capta e infiltra a água precipitada somente sobre sua área, já na segunda, além da água precipitada sobre o próprio, ele ainda pode receber contribuição de escoamento de outras áreas, desde que as condições locais permitam tal tipo de solução e seja dimensionado para isto (TENNIS; LEMING; AKERS, 2004). Para a infiltração total, o solo deve apresentar permeabilidade satisfatória, com taxas de permeabilidade médias de no mínimo 13 mm/h segundo o ACI (2010).

Os pavimentos permeáveis que não permitem a infiltração da água no solo, normalmente são utilizados em duas situações: quando se almeja a coleta e reservação da água para posterior reutilização, ou quando o solo apresenta baixa ou nula permeabilidade e a água precisar ser

captada e afastada através da rede de coleta pluvial. Em situações de solos com baixas taxas de permeabilidade são comuns principalmente os sistemas mistos, em que o excedente que o solo não infiltra e que poderia transbordar o pavimento, é coletado através de dutos (TENNIS; LEMING; AKERS, 2004).

Existem vários tipos de revestimentos que podem ser utilizados nos pavimentos permeáveis, dentre os principais podemos citar os blocos de estrutura vazada, asfalto poroso e o concreto permeável ou poroso.

2.2 Principais benefícios

Os benefícios deste tipo de tecnologia podem ser muito relevantes do ponto de vista ambiental e social. O primeiro aspecto que pode ser citado é a promoção da infiltração das águas de chuva. Tal fato colabora com a recarga dos lençóis freáticos e ao mesmo tempo evita a evolução de enchentes e escoamentos nas superfícies. (FERGUSON, 2005; IBRAHIM *et al.*, 2014)

Os escoamentos superficiais acabam gerando como problema adicional o carreamento de poluentes e resíduos, comumente encontrados em ambientes urbanos nas superfícies. Não somente lixo ou detritos vegetais, mas também óleos e resíduos de pneus oriundos do tráfego acabam sendo carreados e normalmente direcionados a rios e corpos hídricos, gerando problemas de poluição. Além de evitar o escoamento, o pavimento permeável funciona como uma espécie de filtro, que retém parte da carga poluente contida no fluxo hidráulico, melhorando a qualidade da água, que será infiltrada através do solo aos lençóis freáticos. (ESTEVES, 2006; TENNIS; LEMING; AKERS, 2004).

No caso dos pavimentos permeáveis revestidos com concreto permeável, em ambientes urbanos, a estrutura porosa e a coloração mais clara do concreto em relação ao asfalto, colaboram para a redução do aquecimento do ambiente urbano, minimizando os fenômenos de “ilha de calor”, tornando o ambiente termicamente mais confortável. No caso de utilização em vias, a coloração mais clara e, portanto mais reflexiva, colabora também para o aumento da visibilidade para os motoristas durante a noite (FERGUSON, 2005).

Todos estes atributos fazem tal tecnologia interessante para pesquisa e implantação em centros urbanos. A Figura 1 apresenta pavimentos permeáveis, com revestimento em concreto permeável instalados.

FIGURA 1: a) Calçada em concreto permeável no zoológico de Oregon, Portland, OR; b) Estacionamento em concreto permeável, Buford, GA.



Fonte: (TENNIS; LEMING; AKERS, 2004).

2.3 Principais características do concreto permeável

2.3.1 Aspectos mecânicos

O concreto permeável é feito através da mistura de agregados graúdos com um aglomerante, sendo o mais comum o cimento Portland. Agregados miúdos normalmente não são utilizados, ou adicionados em pequenas quantidades apenas. É comum também a utilização de aditivos para melhoria de suas propriedades (BATEZINI, 2013).

A resistência deste tipo de concreto ocorre pela ligação dos agregados através da pasta de cimento, que promove também uma estrutura porosa, com vazios interconectados que permite a percolação de água (MCCAIN; DEWOOLKAR, 2009). Normalmente, em média, este tipo de concreto alcança resistências variando de 3,5 a 28 MPa para compressão e 1 a 3,8 MPa para a tração na flexão, com 15% a 25% de porosidade interna (TENNIS; LEMING; AKERS, 2004). A Figura 2 apresenta o concreto permeável em estado fresco, em placa e instalado em pavimento.

FIGURA 2: a) Concreto permeável em estado fresco; b) Placa de concreto permeável; c) Pavimento experimental em concreto permeável construído nas dependências do Campus 1 da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira - SP



Fonte: Próprio autor.

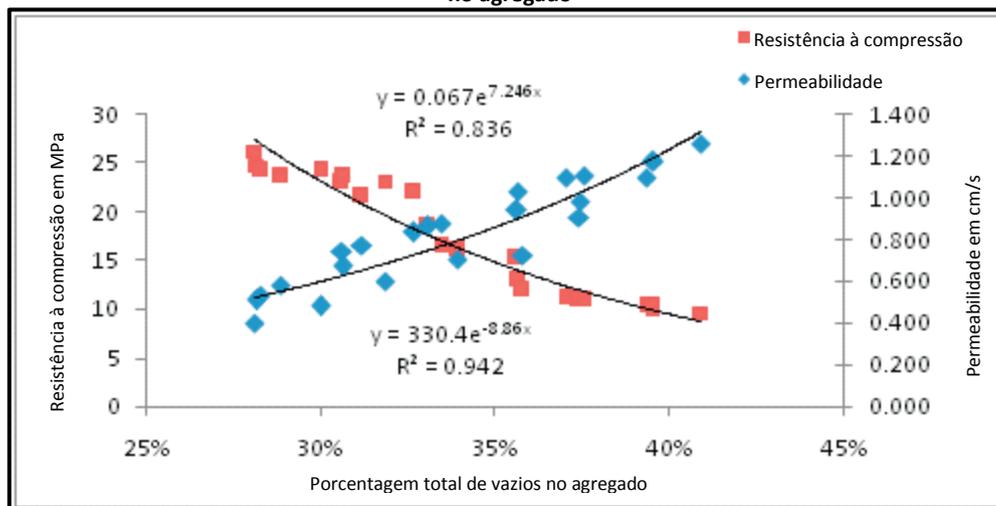
Embora menos comum, a adição de outros materiais suplementares, poliméricos ou fibras podem também melhorar algumas características do concreto. Tais adições têm como objetivo melhorar a resistência de ligação dos agregados, sem prejudicar os vazios permeáveis. Para o tráfego de veículos, resistências mínimas são exigidas de acordo com o dimensionamento e, portanto a melhoria das propriedades mecânicas aumenta bastante a vida útil do pavimento. Por exemplo, Zhong e Wille (2015) realizaram estudos no concreto permeável com adição de um resíduo industrial: a sílica ativa, e observaram resultados de resistência à compressão de 14,6 a 65,8 MPa em concretos permeáveis com porosidade variando entre 19,8 a 30,2%. Já em relação aos aditivos, os mais comuns são os redutores de água ou superplastificantes e os retardadores do tempo de pega. Para garantir a porosidade, o teor de água precisa ser baixo e controlado com precisão, então a adição de superplastificantes colabora para esta redução em seu consumo, mantendo boa aplicabilidade do concreto. Os retardadores do tempo de pega normalmente são úteis devido ao curto período entre a mistura e a concretagem que este concreto apresenta, devido à sua elevada porosidade. Com a adição de retardadores, este tempo pode aumentar, o que é bastante útil para os concretos dosados em centrais distantes do ponto de concretagem (BATEZINI, 2013; DELATTE; MRKAJIC; MILLER, 2009; FERGUSON, 2005).

2.3.2 Permeabilidade

A capacidade de percolação de água nos concretos permeáveis é dependente da porcentagem de vazios presente neste, e esta costuma variar de 2 mm/s até valores superiores a 12 mm/s. Estes valores são muito superiores às quantidades de chuvas extremas, sendo o fator limitante para as precipitações a permeabilidade do solo (TENNIS; LEMING; AKERS, 2004).

Para o concreto permeável, é visto na literatura que a taxa de permeabilidade e a resistência têm influência direta da porosidade. De acordo com o estudo realizado por Maguesvari e Narasimha (2013), a resistência à compressão diminui de forma exponencial com o aumento da porcentagem de vazios no agregado, assim como o coeficiente de permeabilidade aumenta também exponencialmente, conforme apresentado na Figura 3.

FIGURA 3: Coeficiente de permeabilidade e resistência à compressão com o aumento da porcentagem de vazios no agregado



Fonte: Modificado (MAGUESVARI; NARASIMHA, 2013).

Um fator negativo que está intimamente ligado com a taxa de permeabilidade é a colmatação que ocorre naturalmente com o passar do tempo nestes pavimentos. Colmatação é o entupimento dos poros permeáveis por sujeira, poeira, restos vegetais ou detritos. A colmatação pode ocorrer de maneira rápida ou não, dependendo de vários fatores externos, como muita vegetação nas proximidades ou risco grande de carreamento destes resíduos na estrutura porosa.

Quanto à colmatação, concretos mais porosos, com mais vazios demoram mais para colmatar quando comparados a concretos pouco porosos em mesmas condições de uso. Com isto, percebe-se que a porosidade deve ser controlada de acordo com a necessidade de resistência e permeabilidade de projeto.

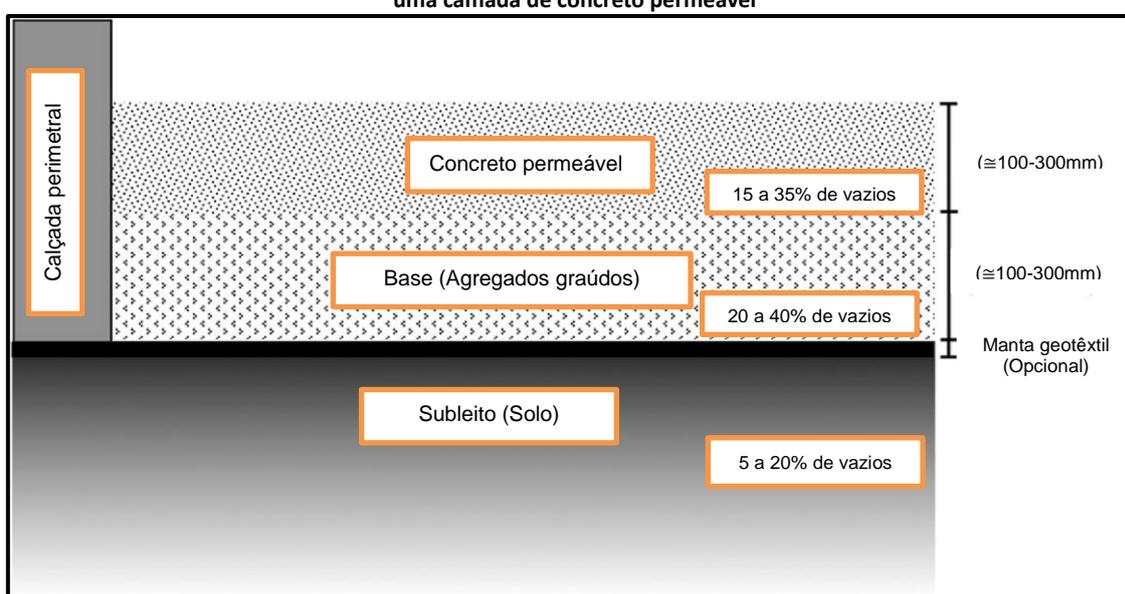
2.3.3 Estrutura do pavimento

A utilização de concreto permeável como revestimento deste tipo de pavimento tem como principal vantagem sobre os demais, as boas relações de resistência, levando em consideração sua elevada porosidade (FERGUSON, 2005).

O pavimento com revestimento em concreto permeável, com objetivo de infiltração total, tem sua estrutura tipicamente composta de: solo em condição natural, para permitir razoáveis

taxas de infiltração; uma base normalmente composta por agregados graúdos, que auxilia na distribuição das tensões e ao mesmo tempo serve como reservatório provisório, enquanto o solo promove a infiltração lenta da água, em ocorrências pluviométricas mais intensas; e finalmente o concreto permeável, responsável por receber e distribuir as tensões que são exercidas em serviço. A Figura 4 apresenta a estrutura típica, de acordo com Kia, Wong e Cheeseman (2017).

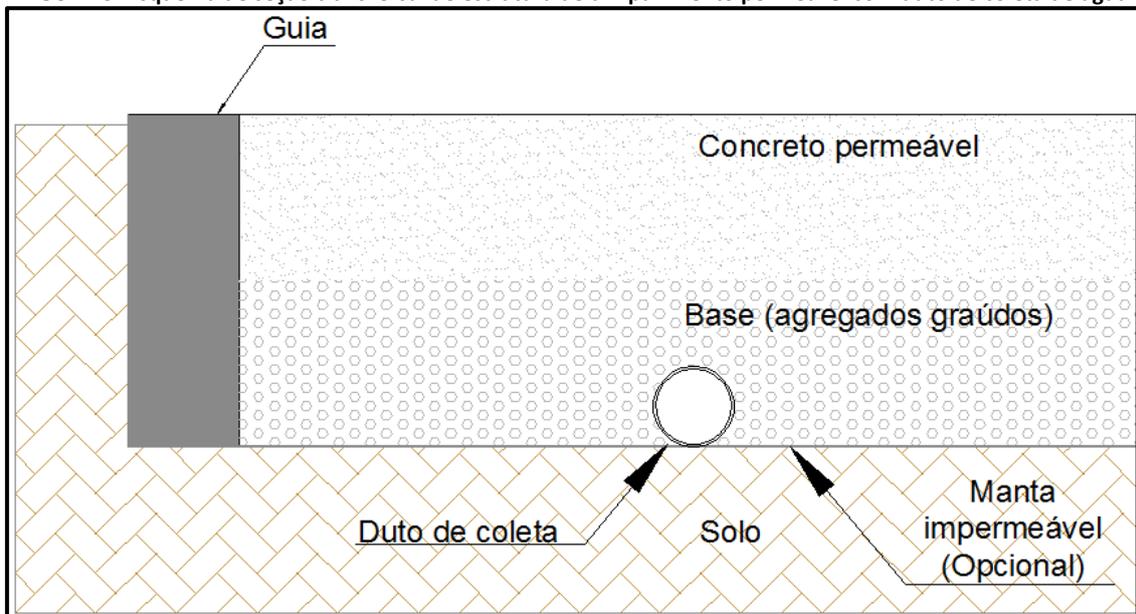
FIGURA 4: Esquema de seção transversal de um sistema típico de drenagem urbana sustentável incorporando uma camada de concreto permeável



Fonte: Modificado (KIA; WONG; CHEESEMAN, 2017).

No caso dos pavimentos em concreto permeável que promovem a infiltração parcial, ou a reservação de todo o volume precipitado o esquema é semelhante, porém são inseridos dutos de coleta na base para direcionar o fluxo de água. A Figura 5 apresenta um esquema deste tipo de estrutura.

FIGURA 5: Esquema de seção transversal de estrutura de um pavimento permeável com duto de coleta de água



Fonte: Modificado (TENNIS; LEMING; AKERS, 2004).

Para a coleta e reservação de água, é interessante realizar a impermeabilização entre a base e o solo, para que todo o volume de água precipitado seja coletado. Tal solução também requer a preparação de um reservatório com capacidade razoável de armazenamento para a posterior reutilização. Em situações em que os dutos de coleta só servem para direcionar o excesso para a rede de coleta pluvial, estes podem ser instalados mais acima da estrutura do pavimento, sendo utilizados somente quando necessário.

É importante ressaltar que o dimensionamento tanto hidráulico quanto mecânico, levando em consideração as características locais, são essenciais para a escolha de qual solução seria a mais vantajosa e como esta pode atuar de maneira eficiente. Por exemplo, o tráfego esperado e a possibilidade de recebimento de detritos que podem colmatar rapidamente o concreto devem ser analisados antes de sua aplicação. Esta tecnologia deve ser aplicada de forma correta, para que funcione de maneira proveitosa.

3 CONCLUSÃO

A partir da análise dos pavimentos permeáveis, em especial os revestidos em concreto permeável, seus benefícios e principais aspectos quando utilizados em pavimentação, pode-se concluir que:

- A pavimentação permeável é muito útil principalmente do ponto de vista ambiental e social, pela colaboração no controle às enchentes e os problemas por esta causados, além de outros benefícios;

- Os pavimentos permeáveis revestidos em concreto permeável são boas opções devido às boas relações de resistência com níveis elevados de porosidade que podem ser alcançados, permitindo a eficiência destes para situações de tráfego de veículos;
- Permeabilidades satisfatórias para a mitigação da incidência pluviométrica são facilmente alcançadas com o concreto permeável, e percebe-se através da literatura que a porosidade ideal é importante para determinar o equilíbrio entre resistência e permeabilidade do pavimento, conforme a necessidade de projeto;
- O projeto e local de implantação deste tipo de tecnologia devem ser muito bem planejados, considerando sua capacidade, para que alcance um longo período de vida útil.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 522R**: Report on Pervious Concrete. Farmington Hills: 2010. 40 p.

BATEZINI, R.. **ESTUDO PRELIMINAR DE CONCRETOS PERMEÁVEIS COMO REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS PARA ÁREAS DE VEÍCULOS LEVES**. 2013. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

DELATTE, N.; MRKAJIC, A.; MILLER, D. I.. Field and Laboratory Evaluation of Pervious Concrete Pavements. **Transportation Research Record**: Journal of the Transportation Research Board, [s.l.], v. 2113, n. 1, p.132-139, jan. 2009. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.3141/2113-16>.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **National Menu of Best Management Practices (BMPs) for Stormwater**. Disponível em: <https://www.epa.gov/>.

ESTEVES, R. L.. **Quantificação das superfícies impermeáveis em áreas urbanas por meio de sensoriamento remoto**. 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

FERGUSON, B. K.. **Porous Pavements – Integrative Studies In Water Management and Land Development**, Taylor & Francis Group CRC Press, 577p., 2005.

IBRAHIM, A.; MAHMOUD, E.; YAMIN, M.; PATIBANDLA, V. C.. Experimental study on Portland cement pervious concrete mechanical and hydrological properties. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 50, p.524-529, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.09.022>.

KIA, A.; WONG, H. S.; CHEESEMAN, C. R.. Clogging in permeable concrete: A review. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 193, p.221-233, maio 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.02.018>.

MAGUESVARI, M. U.; NARASIMHA, V. I.. Studies on Characterization of Pervious Concrete for Pavement Applications. **Procedia - Social And Behavioral Sciences**, [s.l.], v. 104, p.198-207, dez. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.112>.

MCCAIN, G.N.; DEWOOLKAR M. M.. Strength and Permeability of Porous Concrete Pavements. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**. p. 01-13, 2009.

SUZUKI, C. Y.; AZEVEDO, A. M.; KABBACH JÚNIOR, F. I.. **Drenagem subsuperficial de pavimentos: conceitos e dimensionamento**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 240 p.

TENNIS, P. D.; LEMING, M. L.; AKERS, D. J.. **Pervious Concrete Pavements**. Maryland: Silver Spring, 2004. 36 p.

ZHONG, R.; WILLE, K.. Material design and characterization of high performance pervious concrete. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 98, p.51-60, nov. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.027>.