

ANÁLISE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE CONCRETO PERMEÁVEL EM PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO (PAVERS)

Daniela Evaniki

Devan Deniel e Silva

RESUMO

Atualmente a implantação de novas tecnologias na área da construção civil vem crescendo cada vez mais, desta forma abrindo espaço para novos estudos como o concreto permeável onde a sua finalidade é absorver o máximo de água e direcionando-a através de dutos e drenos posicionados abaixo do pavimento para as estações de tratamento de águas pluviais (ETA), para tanques de reaproveitamentos e também para a recarga do lençol freático. O presente trabalho tem o intuito analisar a viabilidade da utilização de blocos de concreto permeável nas calçadas em formato de paver. Para isso foram realizados ensaios de caracterização dos materiais, estabelecido um traço e realizado a verificação do desempenho e comportamento do concreto permeável dentro dos critérios estabelecidos pelas normas vigentes. O estudo surgiu com a necessidade de evitar o acumulo de águas pluviais nas calçadas e alagamentos de forma que essas águas sejam drenadas pelo próprio concreto e direcionadas para tanques de reaproveitamento, estações de tratamento de águas pluviais (ETA), entre outras utilizações. Como resultado verificou-se que a maior resistência a compressão axial atingida foi de 1,8 MPa e os demais ensaios foram satisfatórios estando de acordo com a NBR 16416 (ABNT, 2015).

Palavras-chave: Concreto Permeável. Sustentabilidade. Responsabilidade social.

TECHNICAL ANALYSIS OF THE USE OF PERMEABLE CONCRETE IN CONCRETE PIECES FOR PAVING (PAVERS)

ABSTRACT

Currently, the implementation of new technologies in the area of civil construction is growing more and more, thus opening space for new studies such as permeable concrete, where its purpose is to absorb the maximum amount of water and direct it through ducts and drains positioned below the pavement for rainwater treatment plants (ETA), for reuse tanks and also for recharging the water table. This work aims to analyze the feasibility of using permeable concrete blocks on paver-shaped sidewalks. For this purpose, material characterization tests were carried out, a trace was established and the performance and behavior of permeable concrete was verified within the criteria established by current regulations. The study emerged with the need to avoid the accumulation of rainwater on the sidewalks and flooding so that this water is drained by the concrete itself and directed to reuse tanks, rainwater treatment plants (ETA), among other uses. As a result, it was verified that the highest resistance to axial compression reached was 1.8 MPa and the other tests were satisfactory, in accordance with NBR 16416 (ABNT, 2015).

Keywords: Permeable Concrete. Sustainability. Social responsibility.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade pode ser entendida como atitudes realizadas para a preservação do meio ambiente, o conceito derivado do latim *sustentare*, significa preocupar-se, apoiar, permanecer (MAGALHÃES, 2018). Na prática a sustentabilidade no âmbito da construção civil visa proporcionar atendimento as necessidades da sociedade de forma a preservar a natureza e está diretamente ligada a responsabilidade social.

A construção civil é de extrema importância para a sociedade, além de gerar um aumento significativo do Produto Interno Bruto (PIB), gera milhares de emprego e é também responsável por buscar formas de oferecer conforto, segurança e qualidade de vida para toda a população. Por outro lado, este é um setor onde o homem atua diretamente com a natureza e muitas vezes à prejudica, como por exemplo impactando diretamente no fluxo natural das águas pluviais, alterando o caminho para onde essas águas deveriam percorrer, gerando assim entupimentos e alagamentos das galerias de águas oriundas das chuvas.

As águas pluviais podem ser reutilizadas para lavar calçadas, regar plantas, entre outras finalidades, porém o objetivo principal é direcionar essas águas oriundas da chuva para as estações de tratamento de água (ETA), evitando que as vias urbanas e de pedestres fiquem em estado de alerta causando alagamento e instabilidade para toda a estrutura.

A impermeabilização do solo urbano, em vias pavimentadas, nos estacionamentos e em telhados, amortece a infiltração da água no solo e da evapotranspiração, e no acontecimento de chuvas, essa contribuição se transforma em escoamento superficial, levando ao aumento dos volumes escoados e das vazões de pico (PINTO, 2011).

Para Valença *et al.*, (2021), o desenvolvimento dos pavimentos permeável na construção civil em muitas regiões tem sido de grande importância para se evitar catástrofes naturais, como enchentes, preservação ambiental, entre outras.

A utilização do concreto permeável ajuda no que diz respeito a responsabilidade social perante alguns problemas ambientais que surgem por conta da impermeabilização do solo, tendo em vista que a utilização deste concreto faz com que a água seja direcionada aos córregos e rios e após podem serem captadas, tratados em estações de tratamento de água (ETAs).

Outro benefício que o concreto permeável traz a população é quando utilizado em vias de pedestres, evitando que acumulem poças de águas vindas de chuvas muito fortes. Além disso, o concreto permeável possui diversas vantagens sendo elas: redução de tanques de contenção, diminuição de obras de drenagem local, maior conforto e qualidade de vida para os usuários.

Neste sentido, o objetivo geral deste trabalho é analisar tecnicamente a utilização de concreto permeável em peças de concreto para pavimentação (pavers).

CONCRETO PERMEÁVEL

Segundo Batezini (2013), o pavimento permeável é uma estrutura que permite a passagem de água e ar através das suas camadas. É uma ferramenta urbana utilizada para absorver parte ou totalidade da água quando penetrada em sua camada de revestimento. A água quando captada pode ser direcionada para os reservatórios em seguida para outros pontos de captação específicos ou também a água drenada pode ser absorvida pelo solo. A sub-base e a base do pavimento permeável por terem seus agregados com pouca quantidade de finos, atuam como recipiente da coleta de água, dessa forma permite que o líquido permaneça estocado nos vazios dessa camada.

A utilização principal do concreto permeável é como material na camada de revestimento da pavimentação permeável, mas ele pode ser utilizado na vedação de edificações, equilíbrio de taludes, produção de elementos de drenagem, entre outros.

Conforme Holtz (2013), o concreto permeável possui outros benefícios relacionados com o meio ambiente:

- Ajuda na redução do aquecimento terrestre, por intermediar a troca de calor entre o subsolo e a superfície;
- Por ser um material reciclável pode-se reaproveitá-lo após o seu ciclo de vida;
- Pode ser confeccionado com materiais locais.

Tong (2011) ainda mostra outros benefícios do concreto permeável tais como: manutenção da vegetação local, tendo em vista que as raízes das plantas têm acesso à água, melhoria na qualidade das águas pluviais devido a filtragem de poluentes, maior segurança nas vias de tráfego, pelo atrito que é gerado reduz os efeitos de aquaplanagem e do acúmulo de gelo.

Para garantir a permeabilidade do concreto este deve possuir um elevado índice de vazios, com pouca ou nenhuma adição de areia em sua composição, para que as águas pluviais possam percolar em grande quantidade (POLASTRE e SANTOS, 2006).

Segundo Adeli e Wu (2009), ao diminuir a quantidade de agregado miúdo ou simplesmente descartá-lo do traço do concreto, o índice de vazio aumenta de tal forma que a água oriunda da chuva irá percolar entre os poros da placa de concreto, diminuindo consideravelmente a quantidade de escoamento superficial das águas pluviais.

A NBR 16416 (ABNT, 2015) apresenta requisitos e procedimentos para os projetos, execução, especificação técnica e manutenção dos pavimentos com concreto permeável. Antes do pavimento ser liberado para o tráfego é realizado uma inspeção visual de forma a verificar a existência de peças quebradas ou outras falhas que possam prejudicar o pavimento.

Ainda segundo a NBR 16416 (ABNT, 2015) caso haja o comprometimento do desempenho hidráulico e mecânico do pavimento e quando o coeficiente de permeabilidade for igual ou menor a 10^{-5} m/s deve haver a manutenção do pavimento permeável de forma a recuperar a sua permeabilidade.

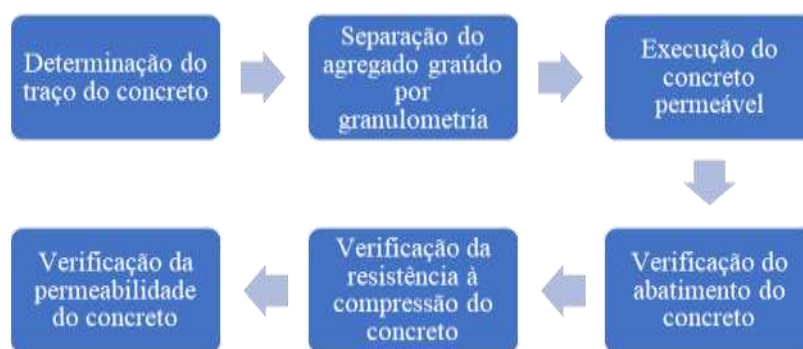
A manutenção inclui serviços de prevenção do acúmulo e de remoção dos detritos que levam a colmatagem e a redução da vida útil do material por meio da lavagem sob pressão, aspiração à vácuo e varrição mecânica ou manual (KUANG *et al.*, 2011).

Segundo Kuang *et al.*, (2011), estas são técnicas capazes de recuperar de 80% a 100% da condutividade hidráulica do pavimento, quando se utiliza o sistema de limpeza à vácuo, por exemplo, recupera-se mais de 95% da capacidade inicial de condutividade hidráulica do revestimento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na Figura 01 é possível observar as etapas de desenvolvimento desta pesquisa.

Figura 01 - Metodologia empregada para desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Autores (2021).

Para os estudos de caracterização hidráulica e mecânica do concreto permeável foram moldados corpos de provas (CPs) cilíndricos (10x20 cm) e placas quadradas (71x71 cm), além disso foi moldado um paver modelo “ossinho”. A execução do concreto e moldagem dos CPs foi realizada no laboratório de Construção Civil da Universidade Tuiuti do Paraná (UTP) e a

ruptura dos CPs foram executados na central dosadora Novamix localizado no bairro Cidade Industrial de Curitiba que disponibilizou as suas instalações para o rompimento.

A determinação do traço foi com embasamento no que define a bibliografia de Teixeira e Fortes (2009), foram realizados dois traços, o primeiro 1: 3: 0,40 com 1% de aditivo superplastificante e o segundo traço sem o acréscimo do aditivo superplastificante. Em nenhum dos traços foi utilizado agregado miúdo, visto que o elevado índice de vazios é fundamental para o funcionamento do concreto permeável.

Foi utilizado cimento CP II-F 32 de acordo com o fornecedor é o mais indicado para utilização em estruturas de concreto armado, pavimentos de concreto, argamassa de chapisco, entre outras aplicações.

Foram utilizados somente agregados naturais. Realizou-se com esse o ensaio de determinação da composição granulométrica conforme dita a NBR 17054 (ABNT, 2022). O agregado utilizado no ensaio estava seco e pode-se perceber que 74,28% ficou retido na peneira de 19mm, logo foi adotado esta granulometria para a execução do concreto permeável, visto que na amostra ela representava maior quantidade, além disso para que o concreto permeável obtenha resultados satisfatórios é recomendado a utilização de agregado graúdo com distribuição uniforme.

O aditivo utilizado foi o MC-PowerFlow 3100, um superplastificante sintético baseado na tecnologia de polímeros policarboxilatos. Proporciona uma melhor trabalhabilidade, rápida dispersão no concreto e maior resistência mecânica.

Para o presente estudo foi adicionado primeiro toda a quantidade de agregado graúdo, 70% da água, depois o cimento e por fim o aditivo com o restante da água. Para o traço onde não havia aditivo foi adicionado 100% da quantidade de água após a colocação da brita.

Na Figura 02 é possível observar os materiais que foram utilizados para dosagem do concreto permeável de acordo com o traço adotado.

Figura 02 - Materiais utilizados para execução do concreto



Fonte: Autores (2021).

Logo após realizar a mistura na betoneira foi realizado a verificação tátil-visual proposto por Tennis (2004) em que se molda uma pequena bola manualmente e afere-se visualmente sua coesão e brilho conforme Figura 03. Trata-se de um processo que é realizado durante a produção do concreto permeável com a intenção de verificar se o agregado está coberto por pasta e se apresenta um aspecto brilhante e metálico.

Figura 03 - Verificação tátil-visual



Fonte: Autores (2021).

A mistura ficou conforme dita a literatura, com alta coesão entre as partículas e baixo teor de argamassa para que sejam mantidos os elevados índices de vazios do concreto.

Para verificar a trabalhabilidade do concreto e foi realizado o ensaio de abatimento pelo tronco de cone conhecido como *Slump-Test*, o teste de abatimento pelo tronco de cone mede a consistência do concreto, os equipamentos necessários para aplicação do ensaio consistem em molde tronco cônico, gola, haste metálica, concha e uma base conforme Figura 04.

Figura 04 - Ferramentas utilizadas para verificação do abatimento do concreto



Fonte: Autores (2021).

Primeiramente os acessórios foram molhados de modo a não haver atrito entre a superfície metálica e o concreto. Na sequência foi coletado uma amostra do concreto da betoneira e preenchido o molde cônico sobre uma placa metálica, foram aplicados 25 golpes com a haste metálica em 3 camadas, após esse processo o topo do molde foi regularizado e a gola e o molde foram removidos de forma lenta e contínua, o abatimento é medido pelo ponto médio do concreto até o topo do molde.

A execução dos corpos de provas foi realizada com base nas normas da ABNT NBR 5739 (ABNT, 2018) que orienta a forma correta de realizar a moldagem e cura das amostras afim de determinar a resistência a compressão de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2018). Para este procedimento foram realizadas duas camadas de concreto com aplicação de 12 golpes com haste metálica em cada uma. Após 24 horas de sua moldagem todos os corpos de provas foram desmoldados e submersos em tanque de água para realizar a cura do concreto. A cura do concreto é um procedimento que tem por objetivo retardar a evaporação da água empregada na preparação da mistura, permitindo desta maneira a completa hidratação do cimento.

Ao todo foram executados quatro corpos de provas com dimensões de 10 x 20 cm e duas placas de paver modelo “ossinho” com 8 cm de espessura conforme Figura 05.

Figura 05 - Corpos de prova moldados



Fonte: Autores (2021).

Depois de 7 e 28 dias de cura foram realizados os ensaios de resistência à compressão axial de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2018). No ensaio é aplicado uma força axial sobre a área do topo do corpo de prova e quando houver a ruptura do mesmo o ensaio é encerrado e então determinado a carga máxima que este corpo de prova suportou.

A NBR 16416 (ABNT, 2015) determina a resistência mínima à compressão axial para cada aplicação do concreto permeável conforme Tabela 01.

Tabela 01 - Resistência mínima para concreto permeável

TIPO DE REVESTIMENTO	TIPO DE SOLICITAÇÃO	ESPESSURA MÍNIMA (mm)	RESISTENCIA MECANICA CARACTERISTICA (MPa)
Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas)	Tráfego de pedestres	60	$\geq 35,0$
	Tráfego leve	80	
Peça de concreto permeável	Tráfego de pedestres	60	$\geq 20,0$
	Tráfego leve	80	
Peça de concreto permeável	Tráfego de pedestres	60	$\geq 2,0$
	Tráfego leve	80	
Concreto permeável moldado no local	Tráfego de pedestres	60	$\geq 1,0$
	Tráfego leve	100	$\geq 2,0$

Fonte: Adaptado da NBR 16416 (ABNT, 2015).

Conforme a NBR 16416 (ABNT, 2015) a resistência mínima para o concreto permeável deve ser superior a 1 MPA e com espessura mínima de 6 cm.

A NBR 16416 (ABNT, 2015) determina que para os concretos permeáveis a percolação da água seja de 100% da superfície do pavimento, o coeficiente de permeabilidade deve ser maior do que 10^{-3} m/s. O coeficiente de permeabilidade pode ser avaliado tanto em laboratório quanto em campo.

Para a realização do ensaio de acordo com a NBR 16416 (ABNT, 2015) foram utilizados os seguintes materiais: a) Anel de infiltração cilíndrico vazado com diâmetro de (300 +- 10) mm e altura mínima de 50 mm, o material deve ser resistente à água a ponto de não ter vazamentos pelas bordas; b) Balança com leitura de no mínimo 0,1 g; c) Recipiente com no mínimo 20L que permita o derramamento de forma controlada; d) Cronometro; e) Massa de calafetar.

O ensaio consiste em realizar uma pré-molhagem no concreto e dentro de um período de 2 minutos iniciar o preenchimento com água dentro do anel de vedação de forma que se mantenha uma lâmina d'água de 10mm à 15mm, em seguida, marcar com o cronometro o

intervalo de tempo que à água levou para ser totalmente percolada pela placa de concreto e parar o cronometro somente quando não houver mais nenhuma água na superfície do concreto.

A quantidade de água para o ensaio está relacionada com o início da pré-molhagem conforme Tabela 02.

Tabela 02 - Quantidade de água para o ensaio de permeabilidade

Tempo de pré-molhagem (s)	Massa de água para o ensaio (kg)
≤30	18,00 ±0,05
>30	3,60 ±0,05

Fonte: Adaptado da NBR 16416 (ABNT, 2015).

Por fim, foram realizados todos os ensaios e procedimentos seguindo todas as normas vigentes para o estudo do concreto permeável para utilização em pavimentação.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Iniciou-se os trabalhos com a mistura do concreto, o primeiro ensaio realizado foi o abatimento pelo tronco de cone de acordo com a NBR NM 67 (ABNT, 1998), o resultado obtido foi de 170mm conforme Figura 06.

Figura 06 - Ensaio de abatimento de tronco de cone



Fonte: Autores (2021).

Embora o concreto analisado não possua boa plasticidade, isso devido a inexistência de argamassa (cimento + água + areia) na mistura, o concreto apresentou boa coesão, ou seja, a pasta (cimento + água) não se separou do agregado graúdo.

Após o concreto endurecido, foi realizado o ensaio de resistência à compressão dos corpos de provas, o resultado pode ser observado na Tabela 03.

Tabela 03 - Resistência à compressão axial

Concreto	Resistencia aos 7 dias (MPa)	Resistencia aos 28 dias (MPa)
Traço 1 (com aditivo)	1,7	1,8
Traço 2 (sem aditivo)	1,3	1,4

Fonte: Autores (2021).

Pode-se notar a diferença de resultados entre os concretos com e sem aditivo, onde o traço com aditivo favorece um aumento na resistência à compressão tanto nos 7 dias quanto aos 28 dias.

De acordo com a NBR 16416 (ABNT, 2015), os resultados obtidos atendem a norma técnica extraídos da NBR 5739 (2018), porém, quando o ensaio à compressão axial for $\geq 1,0$ MPa a utilização deste concreto permeável somente será permitida em vias de pedestres.

Nota-se um pequeno aumento na resistência no decorrer do tempo de cura dos concretos, isso acontece porque para moldagem do concreto permeável foi utilizado somente agregado graúdo que apresenta distribuição granulométrica contínua com deficiência do agregado miúdo para preencher os vazios entre as partículas, resultando em maior volume de vazios e consequentemente maior permeabilidade do concreto. Segundo Yang *et al.*, (2008), apesar de ser conhecido como concreto sem finos, a presença do agregado miúdo é importante porque aumenta a resistência a compressão na zona de interface entre os diferentes tipos de agregados e a pasta, porém o agregado miúdo diminui os vazios e bloqueia a comunicação entre os poros resultando na diminuição da permeabilidade que é a principal propriedade desse material.

Segundo a NBR 16416 (ABNT, 2015), o ensaio de permeabilidade pode ser realizado em campo juntamente com toda a estrutura do pavimento ou em laboratório com uma pequena amostra da camada de revestimento contanto que a placa de concreto possua uma área mínima de $0,5 \text{ m}^2$, optou-se por realizar os ensaios em laboratório seguindo todos os procedimentos conforme a NBR citada acima.

Após a mistura do traço foi confeccionado uma placa de concreto de $0,71 \times 0,71 \times 0,10 \text{ cm}$. Para a confecção foi utilizado uma forma de madeira e aplicado um desmoldante com o objetivo de facilitar a desmoldagem do concreto. O concreto foi desmoldado após 28 dias e então realizado o ensaio de permeabilidade. A placa após desmoldada pode ser observada na Figura 07.

Figura 07 - Placa de concreto permeável


Fonte: Autores (2021).

O aspecto tátil visual da placa foi considerado satisfatório, não houve sedimentação e preenchimento total do índice de vazios, tendo assim obtido êxito na porosidade, permitindo a permeabilidade do concreto.

Após a confecção da placa foi realizado a pré-molhagem da placa que consistiu em molhar toda a placa durante 30 segundos, para então seguir com os ensaios de permeabilidade.

Depois de realizar a pré-molhagem foi colocado um recipiente para recebimento da água e realizado a vedação com silicone impermeável ao redor de todo o tanque para que não houvesse fuga de água pelas laterais conforme Figura 08.

Figura 08 - Placa de concreto permeável com o recipiente vedado para realização do ensaio


Fonte: Autores (2021).

Dentro do recipiente foi marcado uma linha para manter o nível da água constante durante todo o ensaio.

Para o cálculo da taxa de infiltração foi cronometrado o tempo em que a água levou para escoar pela superfície o qual foi de 16,4 segundos. Com o tamanho do diâmetro do anel de vedação e a massa de água foi possível determinar o coeficiente de infiltração do concreto permeável através da Equação 1:

$$K = \frac{C.M}{D^2.T} \quad (\text{Equação 1})$$

Os resultados também foram satisfatórios, conforme Tabela 04.

Tabela 04 - Coeficiente de infiltração

Massa de água (kg)	Tempo (s)	Coeficiente de permeabilidade (k) m/h	Relação ao mínimo pela norma NBR 16416 (ABNT, 2015)
18	16,4	0,056	MAIOR

Fonte: Autores (2021).

Observa-se na Tabela 04 que a placa atingiu as exigências estabelecidas pela NBR 16416 (ABNT, 2015).

Na Figura 09 é possível observar a água percolando totalmente pela placa de concreto sem vazamentos pelo recipiente.

Figura 09 - Percolação da água pela placa de concreto permeável.



Fonte: Autores (2021).

Nota-se na Figura 09 o alto volume de água sendo drenado pela placa. Todos os resultados nesta etapa foram satisfatórios atingindo todos os critérios estabelecidos pela NBR 16416 (ABNT, 2015) e considerando desta maneira o concreto como permeável.

O concreto permeável em forma de paver quando utilizado como camada de revestimento no âmbito da pavimentação, pode ser aplicado para tráfego de pedestres ou

tráfego leve, conforme critérios estabelecidos pela NBR 16416 (ABNT, 2015). Neste estudo os resultados obtidos por meio dos ensaios à compressão, abatimento e permeabilidade permitem a aplicação do concreto permeável somente em vias de pedestres. O tipo de via aplicado se dá pelo fato de a resistência à compressão não ter ultrapassado o valor de 2 MPa.

Conforme o ensaio de permeabilidade toda a água foi drenada pelo concreto e consequentemente passará pelas camadas de base e sub-base de forma a ser conduzida para tanques de contenção de cheia, direcionadas para as estações de tratamentos de água pluviais ou até mesmo sendo totalmente infiltradas no solo conforme a necessidade de aplicação do paver.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após os ensaios realizados em laboratórios e feito as devidas análises, o concreto permeável moldado neste estudo resultou em uma aplicação somente para vias de pedestres estando de acordo com a NBR 16416 (ABNT, 2015). A utilização dos pavers apenas em vias de pedestres se dá pelo fato da resistência a compressão axial de todos os corpos de prova terem sido superior a 1 MPa e inferior a 2 MPa e os ensaios de permeabilidade, verificação tátil visual terem sido satisfatório estando também de acordo com a mesma norma.

Para o ensaio de abatimento o resultado foi de 170mm, houve o desmoronamento do concreto devido à falta de agregado miúdo, porém o concreto apresentou boa coesão não havendo separação da pasta e do agregado graúdo. No ensaio de permeabilidade a placa de concreto realizou a drenagem de toda a superfície de 18L de água em 16,4 segundos.

Concluindo, o traço escolhido para a realização do concreto permeável se apresentou satisfatório e com os resultados pode-se chegar à conclusão de que esse concreto pode ser utilizado em pavimentos drenantes para tráfego de pedestres.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná - Centro de Estudos do Mar e a Universidade Tuiuti do Paraná pelo seu apoio e incentivo à pesquisa científica.

À Central dosadora de concretos Novamix pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ADELI, H., WU, M. Regularization neural network for construction cost estimation, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management* 124 (1) (1998) 18–24.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Brasil, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos. Brasil, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17054: Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio. Brasil, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, 1996.
- BATEZINI, Rafael. Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves. 2013. 133p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Transportes – Infraestrutura de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.
- HOLTZ, F.C.: Uso de concreto permeável na drenagem urbana: análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2011.
- KUANG, X., SANSALONE, J., YING, G., RANIERI, V., 2011. Pore-structure models of hydraulic conductivity for permeable pavement. *J. Hydrol.* 399, 148 e 157.
- MAGALHÃES, Lana. Sustentabilidade. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/sustentabilidade/>. Acesso em: 18 de abr. 2023.
- PINTO, Liliane Costa Alves. O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano. 35. Tese de monografia apresentada ao Curso de Doutorado em Engenharia Hidráulica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- POLASTRE, B e SANTOS, L. D. 2006. Concreto permeável. Disponível em: <http://www.usp.br>. Acesso em: 18 de abr. 2023.
- TEIXEIRA, B. C. S.; FORTES, R. M. Estudo da Dosagem de Concreto Poroso Aplicado a Pavimentação (Study of Pervious Concrete Dosage For Use In Pavements). In: CONINFRA - Anais do Congresso De Infraestrutura De Transportes, São Paulo. 2009: 12 p.
- TONG, Bin. Clogging effects of Portland cement pervious concrete. 2011. 202 f. Thesis (Majoring of Science in Geotechnical Engineering)–Iowa State University, Ames, 2011.
- VALENÇA, Guilherme Sanguinetti. Análise da viabilidade do uso do concreto permeável na utilização de pavimento leve em vias urbanas. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/26756>. Acesso em: 01 de ago. 2021.

YANG Z., MA W., SHEN W., ZHOU M., The Aggregate Gradation for the Porous Concrete Pervious Road Base Material. Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed., 2008.

Recebido em 27/03/2023.

Aprovado em 10/05/2023.

Daniela Evaniki
Docente do curso de Engenharia Civil da UFPR CEM
daniela.evaniki@ufpr.br

Devan Deniel e Silva
Engenheiro Civil
devan.deniel@hotmail.com