https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.058

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

ADEQUAÇÃO DE ENSAIO DE PERMEABILIDADE DE CONCRETO PERMEÁVEL PARA CORPOS DE PROVA PRISMÁTICOS

Arthur Aviz Palma e Silva [1]; Jayme de Melo Ribeiro [2]; Luciana de Nazaré Pinheiro Cordeiro [3]; Leronardo Ribeiro Lima Damasceno [4].
*eng.aviz@gmail.com

[1] Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil
[2] Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Brasil
[3] Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Brasil
[4] Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Brasil

RESUMO

O concreto permeável é utilizado em larga escala nos grandes centros urbanos, pois minimiza as zonas de alagamento e proporciona melhorias para a mobilidade urbana. É necessário que se verifique previamente se o concreto dosado atende aos parâmetros mínimos de resistência e permeabilidade, os quais tratando-se de um contexto nacional, seguem as diretrizes da ABNT NBR 16416: 2015. Um dos principais ensaios promovidos pela norma, é o ensaio de tração na flexão em corpos de prova no formato prismático. Já para o ensaio de permeabilidade, é sugerida a avaliação no pavimento já confeccionado, resultando em maior consumo de material. Portanto, este trabalho tem como objetivo propor uma adequação do ensaio de permeabilidade, para os corpos de prova prismáticos, utilizando a metodologia da norma Brasileira. Foram utilizados 3 traços diferentes de concreto permeável com aditivos a fim de se simular o ensaio de permeabilidade em diversas composições de mistura. Os resultados foram comparados a ensaios realizados previamente em corpos de prova cilíndricos com permeâmetro de carga fixa. A adaptação do método citado pela norma brasileira para determinação de permeabilidade em prismas de concreto permeável foi viável, mesmo nos diferentes traços ensaiados.

Palavras-chave: concreto permeável, permeabilidade, corpo de prova prismático.

ABSTRACT

Pervious concrete is used on a large scale in large urban centers, as it minimizes flooding areas and provides improvements for urban mobility. It is necessary to check in advance that the metered concrete meets the minimum parameters of resistance and permeability, which in a national context, follow the guidelines of ABNT NBR 16416:2015. One of the main tests promoted by the

standard, is the flexural tensile test on specimens in prismatic format. As for the permeability test, it is suggested to evaluate the pavement already made, resulting in greater material consumption. Therefore, this work aims to propose an adequacy of the permeability test for the prismatic specimens. Three different permeable concrete strokes with additives were used in order to simulate the permeability test in different compositions. The results were compared to tests previously performed on cylindrical specimens with variable load permeameters, and these infer that the adaptation of the method mentioned by the Brazilian standard for determining permeability in permeable concrete prisms is feasible, even in the different tested strokes.

Keywords: pervious concrete, permeability, prismatic specimen

1. INTRODUÇÃO

O concreto permeável tem sido utilizado em larga escala nos grandes centros urbanos, principalmente por sua capacidade drenante, que minimiza as zonas de alagamento e proporciona melhorias para a mobilidade urbana. As zonas de alagamentos nas cidades representam um grande risco para a população habitante destes locais, não só se tratando de qualidade de vida, mas também a danos materiais sofridos (LAMB, 2014). Adicionalmente, o crescimento das zonas urbanas das cidades, desencadeia um aumento do número de veículos sob rodas, ocasionando assim a elevação da área necessária para pavimentos asfálticos impermeáveis, situação que esta que não leva em consideração as questões ambientais atreladas à impermeabilização das superfícies.

Os pavimentos de concreto permeável vêm sendo desenvolvidos e utilizados na construção desde 1856, porém apenas no ano de 1970, iniciou-se a implementação do concreto permeável para pavimento no Estados Unidos da América (FERGUSON, 2005). Com isso, a utilização desta tecnologia favorece a segurança do usuário, além de apresentar benefícios ambientais como controle de escoamento de águas pluviais, redução das ilhas de calor e, ainda por cima, funcionamento como filtro para detritos presentes na água (OSPIZA; ERAZO, 2007).

Em sua estrutura básica, o concreto permeável é composto por pasta de cimento e agregado graúdo com o uso de granulometrias uniformes e adequadas com faixas predeterminadas, excluindo-se ou reduzindo o uso de agregado graúdo (SILVA; RIBEIRO; LEAL; CORDEIRO, 2020). Diante disso, a estrutura porosa do pavimento permeável permite a percolação da água e, gradativamente, a redireciona para o lençol freático, ou para estruturas de armazenamento e reaproveitamento, com isso, é importante que se atinja, nesse tipo de material, a permeabilidade e resistência adequadas para que sua aplicação seja adequada.

No setor da construção civil é comum a utilização de diversos aditivos químicos, com intuito de melhorar as propriedades do concreto no estado fresco e endurecido. Logo, devido ao concreto permeável possuir trabalhabilidade reduzida e por conta de necessitar de adensamento especial, alguns pesquisadores estudam a utilização de superplastificante e modificadores de viscosidade, buscando, dessa forma, melhorar as características do concreto permeável, expandindo sua aplicabilidade (BERNARD; WESTERGAARD, 2011).

Deste modo, o concreto permeável no estado fresco, apresenta abatimento no ensaio de Slump próximo a zero (CASTRO, 2011), e deve apresentar, conforme normatização brasileira, coeficientes de permeabilidade mínimo de 10-3 m/s. Desta maneira, sua granulometria deve ser aberta, para proporcionar índice de vazios suficientes a fim de permitir a percolação pelo material, que varia de 15% a 25%, como taxa de drenagem na faixa de 0,14 a 1,22 cm/s a depender do tamanho do agregado e da densidade da mistura.

A habilidade de infiltração rápida da água é indiscutivelmente a característica mais importante do concreto permeável, seguido pela capacidade de aguentar carregamento. Existem alguns métodos para determinar o coeficiente de permeabilidade desse concreto, dentre eles estão o anel de infiltração simples, anel de infiltração duplo, baseados em métodos simples e rápidos que expõe o pavimento a um volume de água pré-definido, aliados a esses métodos, existem também métodos que utilizam permeâmetros de carga variável.

Por existirem diversos métodos de determinação da taxa de percolação de água em concretos permeáveis, estes diversos métodos apresentam diferentes tipos de corpos de prova na utilização. Não estão claras na literatura vigente as diferenças que o formato dos corpos de prova pode proporcionar ao ensaio de permeabilidade, bem como associações metodológicas padronizadas a cada tipo de teste.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar e propor uma adequação do ensaio de permeabilidade da ABNT NRB 16416: 2015 – executado naturalmente em placas de concreto ou em concreto aplicado in loco – a partir de uma comparação com o ensaio de permeabilidade por meio do permeâmetro de carga variável da ACI 522 – R: 2010 – normatização americana para o ensaio. Levou-se em conta no estudo a influência do formato do corpo de prova e do método de ensaio.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1 Materiais

Os materiais utilizados neste trabalho foram adquiridos na região metropolitana de Belém/PA. Foi utilizado o Cimento Portland tipo CP II – E 32, possuindo em sua composição escória granulada de alto-forno, o que lhe confere baixo calor de hidratação. O CP II-E é composto de 94% a 56% de clínquer e gesso, e 6% à 34% de escória, podendo ou não ter adição de material carbonático no limite máximo de 10% em massa. O CP II-E, é recomendado para estruturas que exijam um desprendimento de calor moderadamente lento. A norma brasileira que trata deste tipo de cimento é a ABNT NBR 11578: 1991. As características físicas e químicas do cimento em questão podem ser visualizadas na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades químicas e físicas do cimento Portland utilizado.

SiO2	Al2O3	FE2o3	CaO	MgO	SO3	Na2 Oeq	f.CaO	Perda ao fogo
17,9	4,19	2,75	61,92	3,05	2,94	0,65	1,06	5,85
Densidade (g/cm3)	Superfície específica (cm2/g)	Tempo de pega (min)	Resistência à compressão					
3.09	4,44	Inicial	Final	**3d**	**28d**		**28d**	
		188	244	37	44		53,8	

Fonte: Autor (2022).

Para concretos permeáveis, a ACI 522 – R: 2010 sugere agregados com granulometria uniforme, ou seja, grãos, de mesmo tamanho, e com diâmetros entre 9,5 e 19 mm. O material utilizado como agregado graúdo foi seixo rolado de origem arenítica, com grãos de diâmetro compreendidos entre a peneira #12,5 mm e #9,5 mm. As características do seixo utilizado estão apresentadas na Tabela 2. Como utilizou-se somente uma faixa granulométrica, dispensou-se a apresentação da curva granulométrica.

Tabela 2. Ensaios realizados no agregado graúdo

Ensaio	Resultado	Normas
Massa específica (g/cm³)	2,63	ABNT NBR NM 53/09
Massa unitária (Kg/m³)	1415	ABNT NBR NM 45/09
Índice de vazios (%)	43,67	

Fonte: Autor (2022).

Foi utilizado um aditivo superplastificante de terceira geração, a base de polímeros policarboxilatos. Este aditivo apresenta textura líquida, cor marrom, sua massa específica é 1,09 g/cm³, e a dosagem recomendada é de 0,2 a 5% sobre o peso total de cimento. Os dados acima citados foram disponibilizados pelo fabricante do produto. O aditivo utilizado para a confecção das amostras de concreto permeável, é baseado em celulose, solúvel em água, e apresenta as propriedades químicas e mecânicas explanadas na Tabela 3, fornecidas pelo fabricante.

Tabela 3. Características do aditivo modificador de viscosidade

Constituição	Methyl hydroxyethyl cellulose
Aparência	pó (<180μm)
Esterificação	padrão
Nível de viscosidade	300mPa.s
Influencia na hidratação de cimento	baixa
Retenção de água	baixa
Estabilidade ao calor	padrão

Fonte: Autor (2022).

2.2 Dosagem

Muitos pesquisadores utilizam métodos diversos para realizarem dosagens de concreto permeável. No entanto, o traço da mistura ótima não é facilmente atingível, tendo em vista que, com muita

fluidez, obtém-se um concreto que segrega e cria zonas de entupimento de poros, e se a mistura estiver seca demais, sua moldagem e resistência são prejudicadas.

A dosagem do concreto foi executada conforme o método de Castro (2011). O método utiliza os parâmetros que se encontram na tabela de caracterização do agregado graúdo. Com a massa específica e unitária é possível determinar o volume de vazios iniciais, ou índice de vazios (IV%). Porém, o índice de vazios determinados previamente, assume que todos os vazios do concreto estarão conectados, o que não ocorre na prática. Por meio do método, é possível calcular a massa do cimento necessária para se atingir um índice de vazios que estão realmente conectados e relação água/cimento. A Equação 1 relaciona os parâmetros necessários para determinação do consumo de cimento das misturas.

$$Mc = \frac{\lfloor (10Va - 1000)FC + 965{,}48 - 11{,}14Vcon \rfloor}{\left[\left(\frac{1}{yc} + \left(\frac{a}{c}\right) + \frac{Dad}{1000yad}\right) FC\right]} \quad (1)$$

Onde:

Mc = consumo de cimento necessário para 1 m³ de concreto permeável
Va = porcentagem de vazios iniciais do agregado graúdo
FC = fator de compactação
Vcon = porcentagem de vazios conectados
Dad = porcentagem do aditivo superplastificante (se houver) sobre a massa de cimento
Yc = densidade do cimento
Yad = densidade do aditivo plastificante utilizado
a/c = relação água/cimento

O procedimento de mistura realizado foi o mesmo para todas as amostras: colocou-se o agregado graúdo na betoneira, seguido de cimento, e então a água foi adicionada gradativamente, e posteriormente foram adicionados os aditivos, caso os traços fossem da família T2 E T3. Foram produzidas 3 famílias de concreto permeável, sendo um de referência (T1), com aditivo modificador de viscosidade e superplastificante (T2) e com aditivo modificador de viscosidade (T3). Diante disso, foram moldados corpos de provas prismáticos (10x10x40 cm) e corpos de prova cilíndricos (10x20 cm). Seguindo o método de dosagem descrito, fora possível obter as três misturas descritas como objetivos da pesquisa, apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Traços das misturas produzidas no estudo.

	Traço unitário (Kg)					
	Teor de argamassa	Cimento	Ag. Graúdo	a/c	MV	SP
T1	25%	1	3,31	0,32	-	-
T2	25%	1	3,31	0,32	0,05%	-
T3	25%	1	3,31	0,32	0,05%	0,60%

Fonte: Autor (2022).

Segundo a ABNT NBR 5738 (2015), os corpos de prova cilíndricos foram moldados com forma de adensamento em duas camadas, com 12 golpes cada uma. Já os prismas, não seguem a mesma proposta de adensamento, tendo em vista que se assemelham mais à própria placa de pavimento permeável. O método selecionado para os corpos de prova prismáticos foi similar ao mencionado na ACI 522 R (2010) com um rolo compactador de metal, dimensionado para as os moldes prismáticos 10x10x40cm, com preso de 60kg. A compactação foi feita em duas camadas, seguida de arrasamento da superfície. Os moldes cilíndricos e prismáticos podem ser visualizados na Figura 1, a) e b) abaixo.

Figura 1: Moldes de concreto permeável. a) cilindros (10x20cm) b) prismas (10x10x40cm).



a) b)

Fonte: Autor (2022)

2.3 Ensaio de permeabilidade segundo a ABNT NBR 16416:2015

Para a realização do ensaio de permeabilidade da ABNT NBR 16416:2015, a região de ensaio deve ser limpa e os sedimentos e outros materiais não aderidos ao pavimento devem ser removidos do local. A presente norma indica utilização de um anel de infiltração de 300 mm de diâmetro, apresentadona Figura 2, este, por sua vez, deve ser posicionado no local de ensaio e vedado na parte em contatocom o pavimento com massa de calafetar, para não permitir vazamentos.

Figura 2. Ensaios de permeabilidade



Fonte: ABNT NBR 16416 (2015)

A determinação do coeficiente de permeabilidade é realizada após a pré-molhagem do local, despejando a massa de água (previamente pesada) no anel de infiltração com velocidade suficiente para manter o nível da água entre as marcações indicadas em norma. Por fim, deve-se marcar o intervalo de tempo em que a água atinge a superfície do pavimento permeável e quando não houver mais água livre na superfície do mesmo. O cálculo do coeficiente de permeabilidade é realizado pela Equação (2).

$$k = \frac{C.m}{d^2.t} \quad (2)$$

Onde:

k = coeficiente de permeabilidade (mm/h)
m = massa de água infiltrada (Kg)
d = diâmetro interno do cilindro de infiltração (mm)
t = tempo necessário para toda a água percolar (s)
C = fator de conversão de unidades do SI, com valor igual a 4583666000

2.4. Ensaio de permeabilidade segundo ACI 522 - R: 2010

Este ensaio é realizado para determinar a permeabilidade de concreto permeável moldados em corpos de prova cilíndricos 10x20 cm. Com auxílio de um permeâmetro de carga variável, conforme Figura 2, e baseado em um modelo piloto proposto por Neuthalath (2003). Coloca-se o cp cilíndrico dentro de acrílico transparente graduado, para poder acompanhar visualmente o fluxo de água. Posteriormente, tendo os corpos de prova encamisados adequadamente, inicia-se o ensaio adicionando-se água até saturar a amostra e eliminar todo o ar que tenha permanecido dentro do conjunto. Por fim, controla-se o tempo necessário despendido pela lâmina d'água para percolar pelo sistema, entre os pontos de 290 mm (h1) e 70 mm (h2) do tubo de acrílico.

O procedimento descrito deve ser repetido três vezes para cada amostra, sendo o tempo médio usado como valor "t" para o calculo do coeficiente de permeabilidade (k), determinado a partir da Lei de Darcy, conforme Equação 3.

$$k = A1\ x\ \frac{1}{A2xt}\ x\ \log\frac{h2}{h1} \quad (3)$$

Onde:

K = coeficiente de permeabilidade (cm/s)
A1 = área da seção do tubo 1 (mm)
A2 = área da seção do tubo 2 (mm)
t = tempo despendido pela lâmina d´água (s)
h2 = altura da lâmina d'água final do ensaio, valor de 7 mm
h1 = altura da lâmina d'água inicial do ensaio, valor de 290 mm

Figura 3. Aparelho de ensaio de permeabilidade segundo a ACI 522 – R: 2010



. Fonte: Autor (2022)

2.5. Adaptação do ensaio de permeabilidade para corpos de prova prismáticos

A adaptação proposta por esse trabalho leva em consideração as prescrições e os procedimentos de ensaio da ABNT NBR 16416:2015, utilizando fielmente todos os materiais sugeridos, exceto o anel de infiltração. O diâmetro do anel de infiltração utilizado foi de 100 mm, diferente do anel de norma (300mm). Esse ajuste foi necessário para acompanhar a dimensão do corpo de prova prismático moldado. A adaptação segue o objetivo do trabalho, que visa realizar os ensaios de permeabilidade, antes apenas disponíveis para placas de concreto permeável ou cilindros, em prismas formatados para à tração na flexão. A adaptação do método é ilustrada na Figura 4.

Figura 3. Ensaio de permeabilidade adaptado da ABNT NBR 16416 (2015). Anel de 100mm de diâmetro, vedadona junção com o concreto permeável pela massa de calafetar.



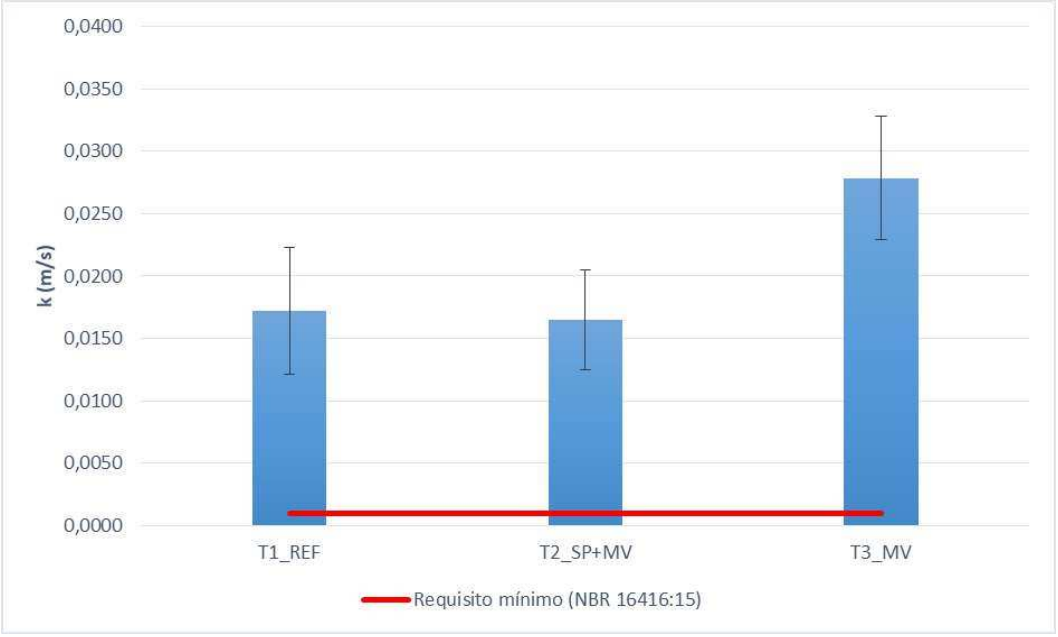
Fonte: Autor (2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Ensaio de permeabilidade: Influência dos aditivos

A partir da adaptação do ensaio de permeabilidade descrito pela ABNT NBR 16416: 2015, utilizando corpos de prova prismáticos ao invés de placas de concreto moldadas in loco ou cilíndros, obteve-se os resultados de coeficiente de permeabilidade, mostrados na Figura 5.

Figura 3. Ensaio de permeabilidade adaptado da ABNT NBR 16416 (2015). Anel de 100mm de diâmetro, vedadona junção com o concreto permeável pela massa de calafetar.



Fonte: Autor (2022)

Os concretos em moldes prismáticos produzidos mostraram-se altamente permeáveis e atenderam a ABNT NBR 16416: 2015, que sugere um coeficiente de permeabilidade maior que 10 -3m/s para pavimentos permeáveis moldados in loco. A permeabilidade da mistura de referência (T1) apresentou-se equivalente à mistura com aditivo modificador de permeabilidade e aditivo

superplastificante (T2), no entanto, a mistura utilizando apenas modificador (T3) teve uma maior taxa de infiltração devido a esse aditivo promover uma alteração na viscosidade da mistura, deixando-a mais coesa. A alta coesão da mistura proporciona dificuldades na compactação e na homogeneização no misturador, o que promove uma maior permeabilidade. Portanto, o resultado obtido era esperado.

Os resultados apresentados demonstram que mesmo em corpos de prova no formato prismático, o método do Anel da normatização brasileira adaptado foi coerente com resultados teóricos prévios, onde uma mistura de maior coesão no estado fresco, apresentou maior permeabilidade devido ao grande volume de vazios interconectados apresentados. Isto ocorre para o traço T3, com a presença do aditivo modificador de viscosidade utilizado isoladamente (BHUTTA, A.; TSURUTA, K.; MIRZA, 2012).

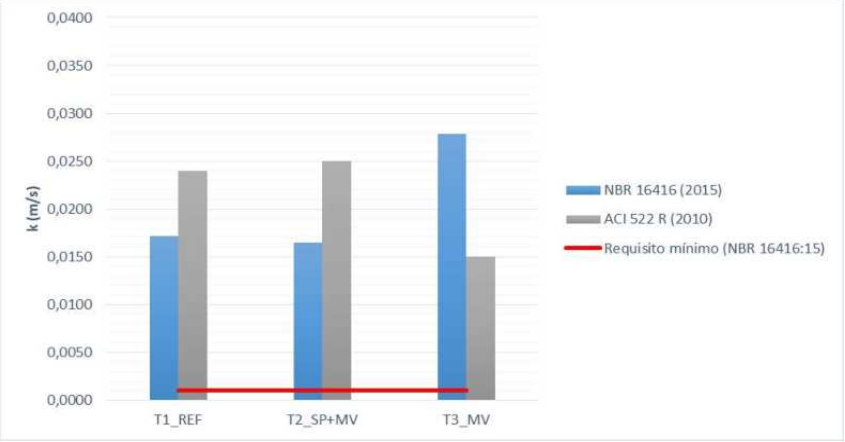
Já para misturas de maior fluidez no estado fresco, como os traços T2 e T1, os resultados de permeabilidade foram reduzidos, devido à maior compacidade do traço. O superplastificante na mistura promove um maior ajuste na estrutura do concreto durante o processo de moldagem, que faz com o que os poros responsáveis pela percolação de água diminuam em diâmetro, e percam suas interconexões. Portanto, a permeabilidade do traço com o aditivo superplastificante T2, apresenta leve decréscimo na permeabilidade, em relação à T1, traço de referência sem aditivos.

Estes resultados dão ênfase positiva ao método do anel da norma brasileira para corpos de prova prismáticos, ao passo que o comportamento de permeabilidade obtido demonstrou coerência com a literatura consultada.

3.2 Ensaio de permeabilidade: Influência do formato do corpo de prova.

Com intuito de estabelecer um comparativo entre o método brasileiro em prismas e o método americano em cilindros com permeâmetro de carga fixa, foram moldados corpos de prova cilíndricos 10øx20 cm, e estes foram ensaiados à permeabilidade na mesma idade de 28 dias que os demais. Os resultados podem ser visualizados na Figura 4.

Figura 5. Coeficiente de permeabilidade determinado pelos dois métodos



Fonte: Autor (2022).

Embora a concreto utilizado para a realização dos ensaios de permeabilidade sejam os mesmos, relativo às respectivas famílias (T1, T2, T3), pode-se verificar na Figura 5 que ocorreu uma

diferença no coeficiente de permeabilidade entre os diferentes corpos de prova utilizados. Em relação ao comportamento, os traços T1 e T2 apresentaram resultados semelhantes. Tanto nos prismas quanto em cilindros, os dois traços estão muito próximos em resultados potenciais de permeabilidade quanto comparados entre si. Isso demonstra que a presença do aditivo superplastificante atuou de forma similar nos dois tipos de corpo de prova. A respeito da diferença de resultados entre tipos de molde, os traços moldados com formato prismático apresentaram permeabilidade levemente mais elevada em relação os traços em cilindros. Para explicar este comportamento, é necessário que se retorne aos métodos de adensamento de corpos de prova utilizados em cada um dos traços.

Segundo a ABNT NBR 5738 (2015), os corpos de prova cilíndricos devem ser adensados em duas camadas, com 12 golpes cada uma, procedimento este que foi utilizado para os corpos de prova moldados para este trabalho. Já os prismas, não seguem a mesma proposta de adensamento, tendo em vista que se assemelham mais à própria placa de pavimento permeável. O método selecionado para os corpos de prova prismáticos foi similar ao mencionado na ACI 522 R (2010) com um rolo compactador de metal, dimensionado para as os moldes prismáticos 10x10x40cm, com preso de 60kg. A compactação foi feita em duas camadas, seguida de arrasamento da superfície.

Os traços moldados em cilindros (T1 e T2) apresentaram permeabilidade mais elevada que os mesmos traços moldados em formato prismático, e isso deve-se ao método de adensamento escolhido para cada um deles. O adensamento com haste metálica utilizado em cilindros, dispersa as partículas e agregados, promovendo menor homogeneidade e compacidade na mistura em relação ao adensamento com rolo compactador dos traços prismáticos. Este fato evidencia que o método de adensamento é fator decisivo para a proposição de um método de avaliação de permeabilidade em corpos de prova prismáticos.

Já no traço T3, os comportamentos se invertem. Os moldes prismáticos obtiverem resultados de permeabilidade superiores em relação aos moldes cilíndricos. Isto deve-se ao fato de que este traço é considerado mais seco do que os outros, pois só possui modificado de viscosidade em sua composição. Sem a presença do superplastificante, o concreto permeável do traço T3 do molde prismático apresentou maior número de vazios conectados, mesmo tendo sido adensado com rolo compactador.

4. CONCLUSÕES

Apesar de os resultados se diferenciarem em relação aos métodos de compactação e fluidez da mistura, os dados não são distantes entre si de forma que prejudique sua aplicação. As diferenças numéricas de um para outro não representam grandes modificações nas comparações. É possível inferir que a adaptação do método de obtenção de permeabilidade da ABNT NBR 16416: 2015 para corpos de prova prismáticos, com o anel de permeabilidade é possível, demandando ainda estudos complementares para ajustes no método, principalmente no tocante à padronização dos métodos de adensamento. Cabe ressaltar que não existem outros métodos na literatura para este tipo de molde prismático, portanto, este método revela-se como uma opção promissora para avaliar a permeabilidade de concretos permeáveis em moldes prismáticos.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 16416 – **Pavimentos permeáveis de concreto** – requisitos e procedimentos, Rio de Janeiro, 2015.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ANBT NBR 5738 – **Concreto: Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova**, Rio de Janeiro, 2015.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 16697 – **Cimento Portland** – Requisitos, 2018.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR NM 67 – Concreto – **Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**, Rio de Janeiro, 1998.

ACI. American Concrete Institute. **Report on Pervious Concrete**: Reported by ACI Committee 522. Michigan, 2010.

BERNARD, J.; WESTERGAARD, H. **Concrete durability in marine environments**. Proc. of 9th Int. Conference on Durability, Vol. 7, pp. 215-223. 2011

BHUTTA, A.; TSURUTA, K.; MIRZA, J. **Evaluation of high-performance porous concrete properties**, Construction and Building Materials, v. 31, 2012.

CASTRO, J. **Estudio de dosificaciones em laboratório para pavimentos porosos de hormingón**, Revista Ingeniería de Construcción, v.24, Nº3, 2011.

FERGUSON, B.K., **Porous pavements**. Boca Raton: CRC Press, 2005.

JOHNSON, R. **Concrete durability in marine environments**. School of Engineering of the University of Brisbane, Tese de doutoramento. 1998

LAMB, G.S. **Desenvolvimento e análise do desempenho de elementos de drenagem fabricados em concreto permeável**. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LEONHARDT, F. **Prestressed concrete**: Design and construction. 2nd ed. W. Ernst & Sohn, 1964

MELCHERS, R. **Structural reliability**: analysis and prediction. 2nd ed.
Brisbane: John Wiley & Sons Ltd., 357 p. ISBN 84-376-0217-X, 1999

NEITHALATH, N. **Development of Quiet and Durable Porous Portland Cement** Concrete Paving Materials. Final Report. The Institute of Safe, Quiet and Durables Highways, 2003.

NP EN 206-1. Betão – Parte 1: **Especificação, desempenho, produção e conformidade**. Lisboa: IPQ. 84, 2007

OSPINA, C.M.M.;ERAZO, C.H.B. **Resistencia mecânica y condiciones de obra del concreto poroso em los pavimentos según El tipo de granulometria**. Medellín, 2007.

SILVA, A.A.P.; RIBEIRO J.M.; LEAL V.T.; CORDEIRO L.N.P. **Propriedades mecânicas e permeabilidade de concretos permeáveis com aditivosuperplastificante,** Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 15, n. 2 (2020), p. 110-117.