

Propriedades mecânicas e permeabilidade de concretos permeáveis com aditivo superplastificante

A. A. P. Silva^{1*}, J. M. Ribeiro², V. T. Leal³, L. N. P. Cordeiro⁴

1Mestrando – Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção civil – UNB

2Mestrando – Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção civil – UNB

3Mestrando – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFPA

4Professor Doutor(a). – Universidade Federal do Pará – UFPA

*eng.aviz@gmail.com

(Recebido em 21/11/2020; revisado em 07/12/2020; aceito em 18/12/2020)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

O concreto permeável para uso em pavimentos apresenta grande quantidade de vazios, a fim de permitir a percolação de água por sua estrutura, de forma que proporcione drenagem adequada para as águas pluviais, reduzindo assim, zonas de acúmulos de água superficial. A incorporação de aditivo superplastificante neste tipo de concreto, pode proporcionar modificações de resistência mecânica, bem como de fluidez, favorecendo trabalhabilidade sem que haja segregação ou exsudação na pasta. Sendo assim, essa pesquisa visa contribuir para o entendimento do efeito do aditivo superplastificante nas propriedades do concreto permeável confeccionados com seixo rolados. Para isso, foram produzidos uma mistura de referência (T1) e uma utilizando o aditivo superplastificante (T2), submetidos aos ensaios de resistência à compressão axil, à tração por compressão diametral, à tração na flexão, permeabilidade e ao ensaio de autocompactação, nas idades de 28 dias. Os resultados mostram que o aditivo melhorou a fluidez dos concretos T2 em detrimento das propriedades mecânicas. No entanto, ao avaliar o a autocompactação do concreto permeável pelo método do tubo, verificou -se que o grande volume de concreto lançado no ensaio contribuiu para um aumento da resistência à compressão, mantendo a capacidade drenante e garantindo sua funcionalidade enquanto pavimento rígido.

Palavras-chave: Concreto permeável, aditivo superplastificante, permeabilidade.

Abstract:

The pervious concrete for use in pavements has a large number of voids, in order to allow water to seep through its structure, in such a way as to provide adequate drainage for rainwater, thus available areas of accumulations of surface water. An incorporation of superplasticizer additive in this type of concrete can provide changes in mechanical strength, as well as fluidity, favoring workability without segregation or exudation in the mass. Therefore, this research aims to contribute to the understanding of the effect of the superplasticizer additive on the properties of permeable concrete made with rolled pebbles. For this, a reference mixture (T1) and one using the superplasticizer additive (T2) were found in the tests of resistance to axilla compression, to traction by diametrical compression, to traction in flexion, permeability and to the self-compacting test, at 28 days. The results show that the additive improved the flowability of T2 concrete at the expense of mechanical properties. However, when evaluating the self-compacting of the permeable concrete by the pipe method, it was found that the large volume of concrete released in the test contributed to an increase in the compressive strength, maintaining the draining capacity and guaranteeing its functionality as a pavement.

Keywords: Pervious concrete, Superplasticizer additive, Permeability.

1. Introdução

Tendo em vista o crescimento populacional e densificação das grandes cidades e grandes centros urbanos, os investimentos governamentais em malha de transporte urbano tem aumentado. O pavimento para transporte de veículos sobre rodas mais utilizados na expansão dessas malhas rodoviárias, se caracteriza como um material altamente impermeável, favorecendo zonas de alagamento em regiões com deficiência de escoamento da água das chuvas, prejudicando assim a

população residente destes locais. Neste sentido, o pavimento permeável surge como alternativa para atenuar os efeitos da impermeabilização das superfícies de transporte dos grandes centros urbanos, permitindo a percolação de água por sua estrutura, a fim de que se redirecione este fluxo para bacias hidrográficas ou lençóis freáticos, ou mesmo camadas de armazenamento. O concreto permeável é a camada superior das estruturas de pavimentos permeáveis e, por conseguinte, deve possuir alto índice de vazios, para que propicie a

passagem de água por sua estrutura, ajudando na drenagem adequada para as águas acumuladas na superfície, sem que haja a perda em suas resistências a compressão e tração. Em sua composição básica o concreto permeável é composto por pasta de cimento e agregado graúdo, com uso de granulometrias uniformes e adequadas com faixas predeterminadas entre 9,5 mm e 19,0 mm, segundo o ACI 522 - R (2010), excluindo-se ou reduzindo significativamente o uso de agregado miúdo, para atender à solicitação de permeabilidade necessária para suas aplicações.

Apesar do concreto permeável convencional, pasta de cimento e agregado graúdo, proporcionar vários benefícios ambientais e hidrológicos, sendo utilizado como pavimentos rodoviários e calçadas por conta do elevado número vazios em sua estrutura, o material acaba apresentando perda de resistência, sendo de pouca aplicabilidade em estruturas com maiores solicitações de tráfego, além de possuir reduzida trabalhabilidade, e necessitar de compactação especial. Optou-se então pelo uso de aditivo superplastificante na composição de concretos permeáveis, buscando melhorar as características mecânicas do concreto poroso convencional, expandindo sua aplicabilidade, segundo BHUTTA, TSURUTA, MIRZA (2012). A autocompactação ou autoadensamento dos concretos com aditivos também é uma variável de grande relevância para o estudo desses materiais, ao passo que pode propiciar ganhos de resistência mecânica, pela melhor organização das partículas no molde em que é aplicada, mantendo-se também aceitável a taxa de percolação de água pelo esqueleto interno, buscando - se assim, equilíbrio entre estas características.

A composição do concreto permeável se assemelha a do concreto convencional, com a diferença de que o primeiro apresenta ausência, ou baixa quantidade de finos na mistura, o que lhe confere alta porosidade, facilitando a infiltração de água. Sua mistura é basicamente composta por pasta de cimento, água e agregados graúdos. A norma brasileira ABNT NBR 16416 (2015), e a ACI R522 - (2010), definem esse concreto de forma similar, como “concreto com vazios interligados que permitem a percolação de água por ação da gravidade”. A normatização brasileira utiliza a terminologia “concreto permeável” para tal concreto, já CASTRO et al. (2009), bem como diversos outros autores, optam por diferenciar o concreto utilizado na superfície do pavimento, utilizando a terminologia “concreto poroso”.

O concreto permeável no estado fresco, por definição, não apresenta abatimento no ensaio de slump, segundo a norma ABNT NBR 67 (1998), e possui permeabilidade com coeficiente mínimo de 10⁻³ m/s. Sua granulometria deve ser aberta, para proporcionar índices de vazios suficientes a fim de permitir a percolação de água pelo material, que varia de 15% a 25%. Suas resistências variam de 2,8 MPa até 28 MPa à compressão simples e 3,5 MPa para tração na flexão, sendo de 2,0 MPa o mínimo estabelecido pela normatização brasileira para este tipo de concreto para

tráfego leve e 1,0 MPa para tráfego de pedestres, quando for aplicado in loco (ABNT, 2015; ABCP, 2013; CASTRO et al., 2015; ACI, 2010; LAMB, 2014; ALENCAR, 2013).

Este trabalho, tem como objetivo, investigar o comportamento do concreto permeável com aditivo superplastificante, e como ocorre a interação desse aditivo com a pasta de cimento, estado fresco do material, e das propriedades mecânicas no estado endurecido. Buscou-se compreender ainda se a alteração no estado fresco do concreto permeável proporcionada pela utilização de aditivos, era favorável à eliminação da variável de compactação durante a moldagem do material, através da comparação dos resultados às características dos concretos permeáveis convencionais compactados.

2. Materiais e Métodos

2.1. Materiais

Como aglomerante, foi utilizado o Cimento Portland tipo CP II F – 40 classificado conforme a NBR 5732 (ABNT, 1991), por ser o cimento mais utilizado pelas indústrias na região metropolitana de Belém/PA. Ademais, o resultado de massa específica de 3,09 g/cm³, determinado conforme NBR NM 23 (2000), foi obtido para este material, estando dentro nos requisitos para este cimento, de acordo com a norma de cimentos Portland vigente.

O material utilizado como agregado graúdo foi seixo rolado de origem quartzosa, com grãos de diâmetro compreendidos entre as peneiras #12.5 mm e #9,5 mm, estando dentro das recomendações estabelecida pela norma ACI 522 – R (2010). Adicionalmente, esta faixa granulométrica citada foi utilizada devido a disponibilidade do material cedido pela empresa de concreto usinado para a realização deste trabalho, e como o procedimento de dosagem utilizado o método de Castro et al. (2009). O seixo rolado utilizado foi caracterizado a fim de determinar se este material apresentava alto índice de vazios iniciais para que o método de dosagem funcionasse de forma adequada. Os ensaios no agregado graúdo seguiram a NBR NM 45 (2006), resultando nos valores de 2,63 g/cm³, 1415 kg/m³, e 43,67 %, para massa específica, massa unitária e índice de vazios, respectivamente. Os resultados demonstraram que a faixa granulométrica em questão atendia o parâmetro de vazios iniciais estabelecidos pelo método de dosagem adotado estado apto a ser utilizado nesse estudo.

Para a confecção das misturas de concreto permeável com aditivo superplastificante, foi utilizado aditivo superplastificante de alto desempenho MC-PowerFlow 1180, produzido pela MC-Bauchemie. Este composto tem-se como características textura líquida, cor marrom, com massa específica de 1,09 g/cm³ e dosagem recomendada é de 0,2 a 5 % sobre a massa de cimento, especificado pelo fabricante.

2.2. Metodologia

Os processos de dosagem para os traços de concreto permeável foram feitos utilizando-se com referência o

método de CASTRO et al. (2009), o qual utiliza como ponto de partida os vazios iniciais do agregado graúdo. Métodos diversos para realizar a dosagem de concreto permeável são utilizados, no entanto, o proporcionalmente dos materiais ótimos não é facilmente atingido, 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.

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.

$$M_c = \frac{[(10V_a - 1000)FC + 965,48 - 11,14V_{con}]}{\left[\left(\frac{1}{\gamma_c} + \left(\frac{a}{c}\right) + \frac{D_{ad}}{1000\gamma_{ad}}\right)FC\right]} \quad (1)$$

Onde:

M_c = consumo de cimento necessário para 1 m³ de concreto permeável

V_a = porcentagem de vazios iniciais do agregado graúdo

FC = fator de compactação

V_{con} = porcentagem de vazios conectados

D_{ad} = porcentagem do aditivo superplastificante (se houver) sobre a massa de cimento

γ_c = densidade do cimento

γ_{ad} = 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 foi adicionado o aditivo. Foram produzidas duas famílias de concreto permeável para atingir os objetivos propostos, sendo uma de referência (T1) e outra utilizando o aditivo superplastificante (T2) para que os comportamentos fossem avaliados.

Os parâmetros adotados para a definição dos teores de aditivos utilizados basearam-se no teste proposto por TENNIS (2004), visando manter as propriedades de coesão da mistura, mesmo utilizando-se os aditivos. Após tentativas de variações de teores, a quantidade definida foi de 0,6% de aditivo superplastificante. As esferas de concreto podem ser mais bem visualizadas pela Figura 1.

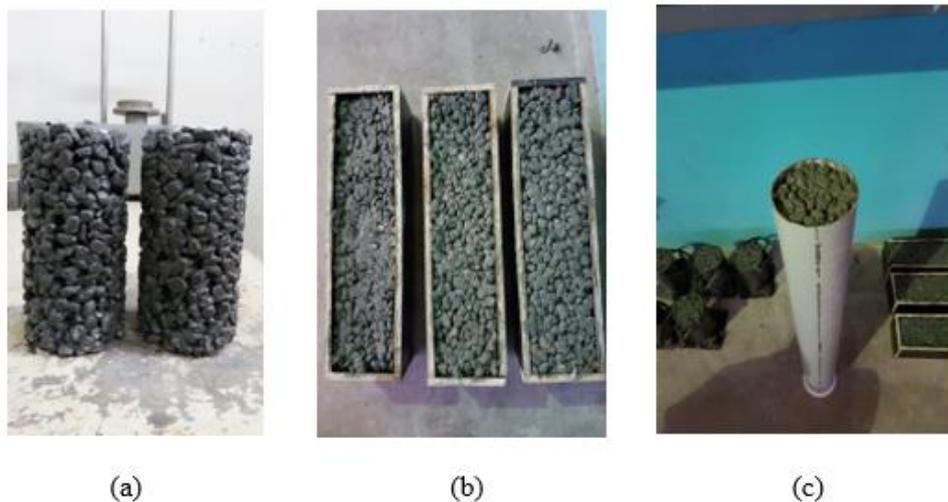


Figura 1: Moldes utilizados na pesquisa: (a) cilíndricos, (b) prismáticos e (c) coluna de auto compactação.

A metodologia de TENNIS (2004) baseia-se em análise basicamente empírica, onde são formadas esferas de concreto nas dimensões do executor do ensaio, a fim de avaliar-se o grau de coesão dessa esfera. O teor ótimo, segundo o autor, ocorre quando esta esfera de concreto é capaz de manter-se firme, sem desmoronar após alguns segundos na mão do operador, e também não apresentar sinais de exsudação devido ao excesso de água.

Baseado nos testes de coesão e no método de dosagem de CASTRO et al. (2009), duas famílias foram confeccionadas a fim de atingir-se o objetivo da pesquisa, sendo um destes o traço de referência (sem a utilização de nenhum aditivo), e o outro traço com adição

de superplastificante. Os traços foram divididos e suas nomenclaturas podem ser visualizadas na Tabela I.

Para moldar os traços de concreto, foram utilizados dois tipos de corpo-de-prova, além do tubo para análise de auto compactação. O primeiro tipo de corpo-de-prova é o molde padrão cilíndrico, de dimensões 10x20cm, utilizado para os ensaios de resistência à compressão axial, e permeabilidade, Figura 1 (a). Para as análises de resistência à tração na flexão, foram confeccionadas formas prismáticas com 10cmx10cmx40cm de dimensão, com base na NBR 16416 (2015), Figura 1 (b). Foram utilizados ainda tubos de PVC de 10x100cm visando a realização da análise de autocompactação do

concreto (BHUTTA, TSURUTA, MIRZA, 2012) em uma situação de lançamento livre do material, sem

compactação ou vibração, que pode ser compreendido melhor na Figura 1 (c).

Tabela I: Traços de concreto permeável confeccionados para o estudo

Traço unitário (kg)						
	Teor de pasta	Cimento	Ag. Graúdo	a/c	SP	Compactação
T1	25%	1	3,28	0,32	-	Sim
T2	25%	1	3,31	0,32	0,6%	Não

O teste auto compactação foi desenvolvido por BHUTTA, TSURUTA, MIRZA (2012) para determinar o grau de auto compactação do concreto permeável quando lançado livremente em um recipiente, sem nenhum tipo de adensamento ou vibração, e também para analisar a homogeneidade da mistura, simulando uma situação real de aplicação in loco. Os traços T1 e T2 foram submetidos a este ensaio a fim de compreender-se o grau de compactação do concreto com aditivos e compará-lo aos traços adensados.

Para este ensaio, utilizou-se 2 tubos de PVC de 10cm de diâmetro, e 100 centímetros de altura, um para cada um dos traços, de onde foram extraídos 4 corpos de prova. As extrações ocorreram no topo do molde, nas partes intermediárias, e na base, para avaliar a distribuição de massa específica aparente e resistência à compressão simples ao longo do tubo. Como a massa aparente também possui íntima ligação com a taxa de percolação de água por dentro do esqueleto do concreto, também foi feito o ensaio de permeabilidade nos corpos de prova extraídos do tubo de PVC. As informações de posicionamento dos cortes no tubo podem ser visualizadas na Figura 2.

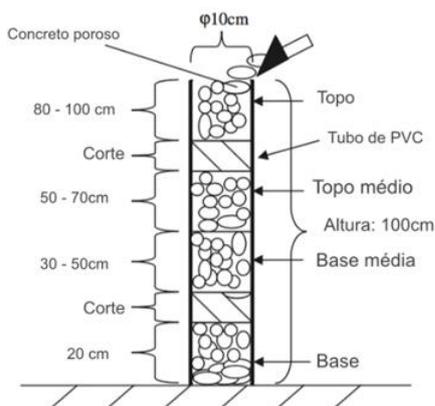


Figura 2: Desenho esquemático do molde de PVC, adaptado de BHUTTA, TSURUTA, MIRZA (2012).

Após um dia da data de concretagem, os corpos de prova cilíndricos e prismáticos foram desmoldados e

colocados em tanques de cura a fim de evitar fissuras pelo calor da reação de hidratação. As misturas preenchidas nos tubos de PVC para avaliação da autocompactação só foram desformados próximo da data de ensaio destes (28 dias), tendo sua cura realizada com preenchimento dos tubos com água até o limite da superfície.

O adensamento dos corpos-de-prova cilíndricos, foi feito baseado na ABNT NBR 5738 (2003) onde para corpos de prova do tipo cilíndrico de 10cm de diâmetro são necessárias duas camadas de adensamento manual e para cada camada, 12 golpes. Ademais, o método adotado para os corpos de prova prismáticos se assemelha ao proposto na ACI 522R (2010), feito com rolo compactador, porém o rolo utilizado foi dimensionado para as formas de 10cmx10cmx40cm, com massa de 60kg.

As misturas de concreto permeável foram submetidas a ensaios no estado endurecido, para que fossem avaliadas as suas propriedades do concreto. A permeabilidade das amostras foi determinada conforma a ACI 522-R (2010), enquanto os ensaios de resistência à compressão, à tração por compressão diametral e à tração na flexão foram realizados conforme NBR 5739 (2007), NBR 7222(2011) e NBR 12142 (2010), respectivamente.

3. Resultados e discussão

3.1. Propriedades no estado fresco

Foi realizado o *slump test* nos traços T1 e T2, de referência e com aditivo, respectivamente. O traço T1 apresentou como resultado 0 abatimento, como se esperava de um concreto extremamente seco (BHUTTA, TSURUTA, MIRZA (2012), porém, o traço T1, após aproximadamente 10s da remoção do cone de ensaio, demonstrou falha de estabilidade de sua pasta e desmoronou, mesmo estando sob condições ideais de teor de pasta segundo CASTRO et al. (2009). O traço T2 apresentou fluidez devido ao uso do aditivo superplastificante e coesão suficiente para não exsudar ou desagregar. No *slump test* realizado no traço T2, o abatimento foi de 20 (+ ou - 2 cm), sendo visível assim o aumento de fluidez comparado ao traço de referência, como visto na Figura 3.



Figura 3: (a) Abatimento do traço T1, Slump 0; (b) Abatimento do traço T2, com aumento de fluidez devido a adição de superplastificante.

3.2. Propriedades do concreto endurecido

Os resultados, que estão representados na Tabela II indicam o valor potencial obtido para cada um dos traços testados. Em todas as análises, tanto de resistência à compressão quanto as permeabilidades apresentaram resultados esperados, onde observou-se aumento de

resistência conforme a permeabilidade decrescia (referencia). Comparando-se o traço com superplastificante (T2) com o traço de referência (T1), observa-se um decréscimo na resistência e aumento de permeabilidade com a presença do superplastificante.

Tabela II. Resultados potenciais de resistência à compressão e permeabilidade

Resistência à compressão x permeabilidade			
Traços	T1	T2	Valor mínimo normativo
Permeabilidade (cm/s)	2,4	3,8	0,1
Resistência à compressão (MPa)	5,5	3,3	2,8

Apesar de não se ter um padrão normativo brasileiro para o concreto permeável moldado in loco quanto às solicitações de compressão, utiliza-se normas internacionais como parâmetro de avaliação. Segundo a ACI 522-R (2010), o concreto permeável deve apresentar resistências à compressão na faixa de 2,8 a 28 Mpa, aos 28 dias. Portanto todos os concretos permeáveis produzidos para este trabalho, seguindo o método de CASTRO (2009), apresentaram resultados dentro do valor mínimo estipulado pela norma americana. Os resultados do ensaio de permeabilidade, apesar de aumentarem com a aplicação do aditivo, mantiveram-se satisfatórios, atendendo ao requisito de 0,1 cm/s, conforme NBR 12412 (2012).

A variável de compactação se mostrou significativa entre os dois resultados. O concreto T1, adensado, apresentou pouca significância. Os resultados estão muito próximos uns dos outros e ambos atenderam o mínimo valor normativo. Portanto, em termos de adensamento/compactação, nos quesitos de resistência compressão e permeabilidade, conclui-se que seria

econômico e pouco efetivo negativamente retirar a variável de adensamento em concretos com adição de superplastificantes, devido à dificuldade de adensar esse tipo de concreto, necessitando-se de metodologia específica, com rolos compactadores.

3.3. Resistência à tração na flexão e resistência à tração por compressão diametral

Em relação a resistência à tração na flexão e à tração por compressão diametral, podemos avaliar os resultados observando a Tabela III. Dos resultados apresentados, apenas o traço piloto de concreto permeável (T1) atingiu o mínimo de resistência de 2,0 MPa à tração na flexão para tráfego de veículos leves conforme norma NBR 12412 (2012). O traço T2 apresentou resultado abaixo do requisito mínimo, sendo considerado portanto o fator de adensamento efetivo para alteração significativa da resistência. Com relação ao ensaio de tração por compressão diametral, os resultados mostram que as incorporações dos aditivos influenciaram negativamente nas resistências à tração, comportamento similar aos apresentados nos ensaios de compressão simples.

Tabela III. Resultados de tração na flexão e tração por compressão diametral

Tração na flexão x Tração por compressão diametral			
Traços	T1	T2	Valor mínimo normativo
Tração na Flexão (MPa)	2,3	1,8	2,0
Tração por compressão diametral (MPa)	0,8	0,4	-

3.4. Efeito do aditivo superplastificante na autocompactação do concreto permeável

As densidades aparentes das diferentes regiões dos tubos foram medidas para determinar a influência do aditivo superplastificante na autocompactação e distribuição de massa unitária do material, ao longo das alturas de retirada de corpos de prova. Os resultados estão presentes na Figura 4. O traço com o uso de superplastificante T2 apresentou comportamento mais

regular do que o de referência quanto à sua densidade aparente. Isto se deve ao aumento de fluidez conferido ao concreto pelo aditivo. O estudo da acomodação das partículas ao longo do tubo apresentou resultados contrário aos de resistência mecânica e de permeabilidade. Esperava-se que densidades de corpo de provas retirados.

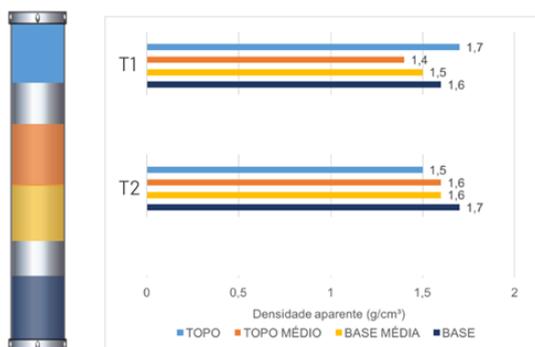


Figura 4. Gráfico de comparação de densidade aparente ao longo dos troncos de concreto permeável.

A Figura 5 compara os resultados de permeabilidade e de resistência à compressão dos corpos de prova retirados das 4 áreas do tudo de PVC do ensaio de BHUTTA, TSURUTA, MIRZA (2012). As comparações ao longo do tubo de PVC de 1m são feitas entre as

mesmas regiões (Ex: topo T1 x topo T2), e é importante ressaltar que ambos os tubos não receberam nenhum tipo de adensamento, compactação ou energia externa para acomodação do material.

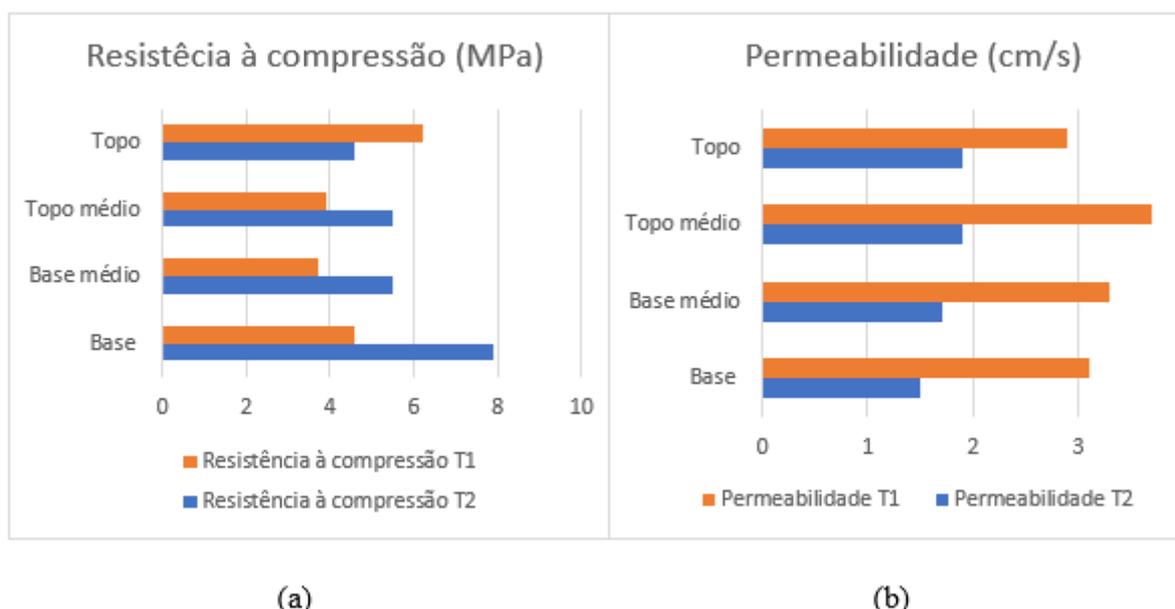


Figura 5. Resistência à compressão e permeabilidade dos corpos-de-prova retirados do tubo de PVC; a) Resistência à compressão incrementada com o aditivo superplastificante; b) Diminuição da permeabilidade com o aditivo superplastificante.

Os resultados explicitam incremento nas propriedades de resistência mecânica ao utilizar-se o aditivo superplastificante no concreto permeável lançado livremente ao longo do tubo, sem adensamento (T2) em comparação ao mesmo concreto sem aditivos (T1), em todas os moldes retirados dos tubos, com exceção do topo dos tubos que obteve resultado diferente dos demais, topo T1 > topo T2. O resultado contraria os demais ensaios feitos em corpos de prova padrão cilíndrico e prismático, onde a resistência à compressão foi maior nos corpos de prova de referência (T1). A partir dos resultados obtidos, é possível inferir que tratando-se de lançamentos de volumes maiores de concreto, o peso próprio deste influencia positivamente na autocompactação, aumentando a compacidade da mistura, proporcionando incremento de resistência mecânica. No caso dos tubos de PVC, a avaliação de adensamento mostra que esta variável poderia ser suprimida e ainda assim, haveria ganhos de resistência. O topo dos tubos do concreto de referência apresentou maior resistência à compressão que o topo do tubo T2 com superplastificante, resultado coerente com a análise de massa aparente de T1, com o topo mais denso. O topo ter mais densidade que a base em T1 explicita a falta de autocompactação pelo peso próprio devido a baixa relação a/c do traço. O traço T2 obteve resultados mais satisfatórios em compacidade.

Em termos de permeabilidade, os resultados foram de acordo com os esperados após os ensaios de resistência mecânica. O traço T2, que apresentou incremento de resistência mecânica, teve redução na permeabilidade em todas as regiões de retirada de corpos de prova em relação ao traço T1. Novamente, o resultado se apresenta inverso ao que foi demonstrado em corpos de prova simples, onde a adição do superplastificante aumentou a permeabilidade dos corpos de prova.

4. Conclusões

Baseado nos estudos de laboratório realizados neste trabalho, as seguintes conclusões podem ser inferidas:

- O aditivo superplastificante foi capaz de melhorar a fluidez da mistura, nos resultados de ensaios em estado fresco. Foi possível verificar abatimento em um concreto que antes não o apresentava, conferindo vantagens de moldagem para a construção civil.

- No estado endurecido, os concretos permeáveis com superplastificante, prismáticos e cilíndricos, apresentaram diminuição das propriedades mecânicas, devido a diminuição da compacidade da mistura pela ausência de adensamento, mostrando que o aditivo superplastificante teve influência direta nessas propriedades.

- Os resultados de resistência mecânica e permeabilidade para os corpos-de-prova retirados do tubo de PVC, mostram comportamento adverso, evidenciando que para lançamentos de volume maior de concreto permeável, é possível que se elimine a variável de compactação durante a concretagem e ainda assim,

obter resultados de resistência superiores aos traços sem superplastificante.

- A compactação é um dos fatores decisivos na produção de concreto permeável, e que ao proporcionar-se misturas capazes de se autocompactar, é possível obter ganhos de resistência mecânica mantendo-se as propriedades drenantes do material, garantindo sua funcionalidade enquanto pavimento rígido.

Referências

- [1] ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. Projeto técnico: Pavimento Permeável. São Paulo, 2013.
- [2] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 16416 - Pavimentos permeáveis de concreto - requisitos e procedimentos, Rio de Janeiro, 2015.
- [3] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 5738 – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, Rio de Janeiro, 2003.
- [4] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 5739 – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- [5] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 7222 – Concreto e argamassa – determinação da resistência à tração por compressão diametral em corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.
- [6] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR NM 45 – Determinação de massa unitária e volume de vazios, Rio de Janeiro, 2006.
- [7] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR NM 67 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, Rio de Janeiro, 1998.
- [8] ABNT. Cimento Portland Composto. - NBR 11578, Rio de Janeiro, 1991.
- [9] ACI. American Concrete Institute. Report on Pervious Concrete: Reported by ACI Committee 522. Michigan, 2010.
- [10] ALENCAR, P. - Avaliação experimental do concreto poroso na atenuação do escoamento superficial em parcelas urbanizadas. 2013. 193 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- [11] BHUTTA, A.; TSURUTA, K. ; MIRZA, J. Evaluation of high-performance porous concrete properties, Construction and Building Materials, v. 31, p. 67-73, 2012.
- [12] CASTRO, A.; LIBORIO, J.; PANDOLFELLI, V. Reologia de concretos de alto desempenho aplicados na construção civil - Revisão, Cerâmica, v. 57, p. 63-75, 2011.
- [13] CASTRO, J.; et al. Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón, Revista Ingeniería de Construcción, v. 24 , N o3, p. 271 - 284, 2009.

- [14] CASTRO, L. Estudo de traço de concreto permeável de cimento portland. 2015. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2015.
- [15] CDT. California Department of Transportation. Pervious Pavement Design Guidance. California, 2014.
- [16] DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Pavingentação. Rio de Janeiro, 2006.
- [17] EFNARC. European Federation of Concrete Admixture Associations. Guidelines for Viscosity Modifying Admixtures For Concrete . 2006.
- [18] LAMB, G. Desenvolvimento e análise do desempenho de elementos de drenagem fabricados em concreto permeável. 2014. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- [19] MARIANO, H. Influência do Teor de Argamassa e da Granulometria da Brita na Permeabilidade e nas Resistências à Compressão e à Abrasão de Concretos Permeáveis. 2014. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.
- [20] TENNIS, P. D.; LEMING, M. L.; AKERS, D. J. Pervious Concrete Pavements, EB302.02, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, and National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, USA, 2004, 36 pages.
- [21] TOMINAGA, E. Urbanização e cheias: medidas de controle na fonte. 2013. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 20
- [22] YANG, J.; JIANG, G. Experimental study on properties of pervious concrete pavement materials, Cement and Concrete Research, v.33, p. 381-386, 2003.
- [23] ZHONG, R.; WILLE, K. Material design and characterization of high performance pervious concrete, Construction and Building Materials, v. 98, p. 51-60, 2015.