

ESTUDO EM ESCALA DE BANCADA DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO PERMEÁVEL EM PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

BANK SCALE STUDY OF THE USE OF PERMEABLE CONCRETE IN PAVING AND DRAINAGE OF PLUVIAL WATERS

Maxwel Bonfim do Nascimento¹, Landson Soares Marques, Luma Michele Cavalcante Rebouças

RESUMO

O crescimento desordenado dos centros urbanos e suas camadas de revestimentos impermeáveis vêm reduzindo a capacidade de infiltração do solo e como consequência vários picos de cheias causam: enchentes, alagamentos, inundações, poluição ambiental, assoreamentos, fatos esses que implicam diretamente no meio ambiente e toda sociedade. O concreto permeável é um pavimento drenante que permite a passagem das águas precipitadas das chuvas através de sua estrutura para o solo reduzindo o volume das águas que percolam pelas ruas e vias nos momentos das chuvas. Este trabalho tem por objetivo apresentar o concreto permeável como alternativa de pavimentação drenante, elaborar e comparar um traço para o concreto permeável, obter através de ensaios de permeabilidade e resistência valores que adequem o concreto permeável para ser utilizado pela Engenharia Civil. Para isso foram realizados ensaios de compressão em corpos de prova de 10 cm de diâmetro e 20 de altura e ensaio de taxa de infiltração em placas com 30x30x6 cm, utilizando traços 1:3 e 1:4 (cimento: agregado graúdo), alterando somente o agregado graúdo, todos os ensaios foram realizados com base nas Normas Brasileiras instruídas pela ABNT. O traço com maior teor de cimento (1:3) alcançou 5,09 MPa de resistência à compressão e permeabilidade de 0,2099 cm/s e o traço (1:4) com menor teor de cimento obteve menor resistência alcançando 4,24 MPa e permeabilidade elevada de 1,018 cm/s.

Palavras-chave: concreto permeável, permeabilidade, drenagem.

ABSTRACT

The disorderly growth of urban centers and their layers of impermeable coatings has reduced the capacity for infiltration of the soil and as a consequence several peaks of floods cause: floods, floods, floods, environmental pollution, sediments, which directly affect the environment and all society. The permeable concrete is a drainage floor that allows the passage of the precipitated water from the rains through its structure to the soil reducing the volume of the water that percolates through the streets and roads in times of rainfall. The objective of this work is to present the permeable concrete as a drainage paving alternative, to elaborate and compare a trace to the permeable concrete, to obtain through permeability and resistance tests values that adequate the permeable concrete to be used by Civil Engineering. For this purpose, compression tests were carried out on 10 cm diameter and 20 cm high test specimens and a 30x30x6 cm infiltration rate test using 1:3 and 1:4 traces (cement: heavy aggregate), altering only the large aggregate, all the tests were performed based on the Brazilian Standards instructed by ABNT. The traces with a higher content of cement (1:3) reached 5,09 MPa of compressive strength and permeability of 0.2099 cm/s and traces (1:4) with lower cement content obtained lower resistance reaching 4,24 MPa and high permeability of 1.018 cm/s.

Keywords: permeable concrete, permeability, drainage.

¹Centro Universitário Estácio da Bahia

INTRODUÇÃO

O crescimento dos grandes centros urbanos ocasionado pela ocupação populacional vem modificando o solo trazendo consigo consequências causadas por seu mau uso devido à utilização de camadas de revestimentos impermeabilizantes que não permitem a infiltração das águas pluviais nos momentos das chuvas, essas águas escoam com vazões superficiais elevadas agredindo o sistema público de saneamento causando: assoreamentos, enxurradas, poluição visual (VIRGILIIS, 2009).

Como opção para minimizar essas ações apresenta-se um revestimento drenante com permeabilidade e resistência: o concreto permeável. Que permite o trânsito de águas diretamente por sua estrutura para o solo reduzindo as vazões superficiais elevadas nos momentos das precipitações contribuindo para um escoamento pluvial sem danos (LAMB, 2014).

O pavimento permeável é aquele que possui porosidade e permeabilidade significativamente elevada de maneira a influenciar a hidrologia e causando algum efeito positivo ao meio ambiente. Uma pavimentação drenante produzida com cimento, agregado graúdo e água, um material limpo, reciclável, resistente e sustentável que promove infiltração das águas, armazenamento de parte ou da totalidade de toda água provinda do escoamento superficial para uma camada granular de armazenamento temporário no terreno para ser absorvida gradualmente pelo solo, ou ser reservada para uso posterior, tais como: regar jardins, descargas, etc (ACI, 2010).

As ocorrências de enchentes e até inundações vêm acontecendo com grande frequência afetando diretamente a população com prejuízos nas propriedades e também na qualidade de vida (HOLTZ, 2011). O avanço das pavimentações em vias urbanas e as edificações contribuíram no processo de impermeabilização do solo e com intuito de devolver ao solo sua função original que é a de absorção tornou-se o foco da pesquisa para elaborar um traço adequado pra confecção de um concreto com permeabilidade e resistência.

A expansão da malha urbana obteve como consequência a redução das áreas permeáveis do solo, causando o aumento dos escoamentos superficiais elevados e acúmulos de água na superfície, entretanto, com a utilização do concreto permeável há a possibilidade de redução dessa impermeabilidade podendo ser utilizado em áreas externas em geral com fluxo de pedestres e veículos leves, tais como: praças, parques, quadras, condomínios, calçadas, estacionamentos, passeios, etc (POLASTRE, 2006).

O concreto permeável pode ser uma solução para redução da impermeabilização do solo e também pode ser um meio eficiente para regularizar as altas vazões dos centros urbanos e colaborar com o sistema de drenagem urbano, uma vez que atualmente, soluções inovadoras são pesquisadas na busca de manter o equilíbrio entre os recursos naturais e as necessidades humanas e reduzir as agressões ao meio ambiente (VALADARES, 2011).

O estudo e a aplicação do concreto permeável como pavimentação têm o intuito de colaborar na correção da deficiência de drenagem superficial urbana causada por um desenvolvimento acelerado e desorganizado que favoreceu a impermeabilização do solo (PINHEIRO, 2013). Portanto, como o concreto permeável apresenta índices de permeabilidade e resistências mecânicas adequadas sua utilização é viável, uma vez que os benefícios de seu uso estão atrelados á melhorias ambientais e sociais.

O concreto permeável é um material versátil que pode ser solicitado por outras áreas da construção civil: arquitetura, designs de interiores, paisagismo. Seu caráter sustentável o torna bem avaliado por instituições que aprovam técnicas com uso racional dos recursos naturais. Por sua vez, o concreto permeável permite a passagem das águas para o solo nutrindo aquíferos através de subleitos ou pode ser captada e armazenada para usos diversos posteriormente (MONTEIRO, 2010).

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar o concreto permeável para a aplicação em pavimentação drenante urbana, através do desenvolvimento de um traço adequado para este fim.

METODOLOGIA

Com base na metodologia disponível na literatura, dois traços se destacaram em seus resultados de resistência e permeabilidade: os traços 1:3 e 1:4, no qual foram feitos testes de compressão e permeabilidade, desenvolvendo resultados satisfatórios. Dessa forma, foi adotado o ensaio de resistência à compressão e taxa de infiltração, um para analisar a resistência do concreto e a capacidade de infiltração da água pelos poros do concreto permeável.

Foram moldados 06 corpos de prova com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura para ensaio de resistência a compressão, sendo que 03 com o traço 1:3 e 03 com o traço 1:4, no qual todos foram ensaiados aos 28 dias de idade. Para o ensaio da taxa de infiltração de água,

foram moldadas duas placas de concreto permeável com dimensões de 30x30x6 cm uma com o traço 1:3 e outra com o traço de 1:4.

Um comparativo foi realizado através das informações de outros trabalhos, com os obtidos pela pesquisa possibilitando analisar parâmetros semelhantes. Os resultados da resistência à compressão foram comparados com os estudos de Schwetz *et al.* (2015), que alcançou as melhores resistências aos 28 dias de idade com cura em câmara úmida em temperatura ambiente. Já os resultados de taxa de infiltração de água tiveram como comparativo o trabalho realizado por (LAMB, 2014).

Estudos preliminares e caracterização dos materiais

Para a realização deste trabalho foram utilizados os materiais de construção civil: cimento, agregado graúdo (brita 0) e água. Estes materiais foram previamente submetidos a ensaios físicos com base nas normas brasileiras sendo realizados no laboratório da Estácio – FIB, Campus Gilbert Gil em Salvador - BA.

O cimento adotado foi o CP II – Z 32 RS conforme Figura 1, composto para uso geral. Conforme o fabricante, este cimento é o mais utilizado na construção civil e alcança resistências relevantes aos 28 dias de idade.

Figura 1. Cimento CP II –Z 32 RS



Fonte: (Autores, 2017).

A Tabela 4 apresenta as principais características do cimento CP II – Z 32 RS após obtê-las na realização dos ensaios físicos.

Foi utilizado como agregado graúdo a (brita 0) por ser considerado o agregado ideal em misturas de concreto permeável conforme a ACI (2010), e é o material mais utilizado nos trabalhos analisados, conforme Figura 2.

A água utilizada foi a fornecida pela EMBASA – Empresa Baiana de Saneamento, sendo esta a rede de abastecimento de água da cidade de Salvador- BA.

Figura 2. Agregado graúdo



Fonte: (Autores, 2017).

Mistura do concreto permeável

Após determinada a caracterização dos materiais, foi feita a mistura para se obter o concreto permeável. Nesta etapa foi tomado como exemplo o trabalho de (LAMB, 2014), onde descreve o passo a passo de ordem dos materiais para preparo em betoneira. A mistura foi feita de forma manual em recipiente adequado e foi molhada anteriormente com o intuito de evitar que os materiais não aderissem em suas paredes. Todo o agregado graúdo foi adicionado, em seguida, metade da água foi adicionada e misturada, após o cimento foi adicionado á mistura, e por fim, o restante da água foi adicionada a mistura juntamente com os outros componentes.

A Figura 3 representa a avaliação tátil-visual da mistura concluída. Segundo Schwetz *et al.*, (2015) o concreto permeável deve apresentar um brilho superficial aparente e teor de água ideal, sendo assim o concreto apresentou as características necessárias.

Figura 3. Avaliação tátil-visual do concreto permeável



Fonte: (Autores, 2017).

Conforme a NBR 5738 (2002) após a conclusão da mistura de todos os componentes e apresentar todas as características necessárias, foi feita a moldagem em corpos de prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura.

Os corpos de prova foram moldados em recipiente de metal, material específico para ensaios e possuem uma praticidade de desforma e reutilização. Foi utilizada uma vaselina comum no interior de cada CPs para que os constituintes da mistura não aderissem nas paredes laterais do corpo de prova.

Conforme a NBR 5738 (2002), foi realizado o adensamento dos corpos de prova, onde a cada camada foi realizada manualmente 12 golpes com haste cilíndrica de aço, atravessando a espessura do concreto, no total foram realizadas 03 camadas até preencher todo corpo de prova.

Após o adensamento, foi realizado o rasamento da superfície com a borda do molde, utilizando uma régua metálica apropriada para tal conforme demonstra a Figura 4.

Figura 4. Rasamento dos corpos de provas



Fonte: (Autores, 2017).

Para a realização do teste de taxa de infiltração de água, foram feitas duas placas com as dimensões 30x30x6 cm e foi realizada a compactação utilizando a norma ACI (2010) com rolo e após foram submersos para processo de cura.

Conforme a NBR 5738 (2002) o desmolde dos corpos de prova conforme a Figura 5 e da placa, ocorreu um dia após a concretagem, atentando para que não ocorra o desprendimento dos agregados.

Figura 5. Desmolde de corpos de prova cilíndricos



Fonte: (Autores, 2017).

Conforme a NBR 5738 (2002) após o desmolde os corpos foram submersos em tanque com água para processo de cura conforme mostra a Figura 6, onde permaneceram por 28 dias, quando foram retirados e levados para realizar ensaios de compressão em prensa hidráulica.

Figura 6. Corpos de prova submersos em tanque com água



Fonte: (Autores, 2017).

Conforme a NBR 5738 (2002) as bases dos corpos de provas para o ensaio á compressão axial deve estar completamente plana. Porém, no concreto permeável devido a sua rugosidade, assim foi feito capeamento na superfície das bases dos corpos de prova para nivelar toda base dos corpos de provas.

Para o capeamento foi adotado pasta com 200 gramas de cimento, 200 gramas areia média e 100 gramas de água que foram misturados até adquirir consistência. Após foi aplicada em um lado da base do corpo de prova e deixada em repouso por 24 horas com desmoldante, o mesmo procedimento realizado com o outro lado, assim foi criado um acabamento liso e plano após o endurecimento para ser realizado o ensaio de resistência a compressão.

Ensaio realizado

Os ensaios foram realizados no laboratório de Engenharia Civil na Estácio – FIB, conforme norma estabelecida para ensaios de resistência à compressão pela NBR 5739 (2007) e para ensaio de taxa de infiltração de água conforme a ASTM/C1701 (2009) os quais serão apresentados a seguir.

Os corpos de prova foram confeccionados conforme a NBR 5738 (2002) após a mistura dos materiais (cimento, agregado graúdo e água), depois do concreto já misturado, foi depositado dentro das placas e dos cilindros sendo adensado, foram desmoldados após 24 horas e submersos em tanque com água para processo de cura por 28 dias para serem submetidos aos ensaios.

Ensaio de resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão foi realizado de acordo com a NBR 5739 (2007) onde foram colocados os corpos de provas posicionados nos pratos de aço na base superior e inferior na prensa hidráulica de marca BOVENAU PS30, os CPs devem estar posicionados de forma que o eixo do cilindro esteja coincidente com o da prensa, após esses requisitos a prensa é acionada conforme mostra a Figura 7.

Figura 7. Ensaio de resistência à compressão



Fonte: (Autores, 2017).

A equação aplicada para determinar a resistência à compressão, de acordo com a NBR 5739 (2007), é mostrada na Equação 1:

$$f_c = \frac{4F}{\pi \cdot D^2} \quad \text{Equação 1}$$

onde:

f_c = Resistência à compressão, em MPa;

F = Força máxima alcançada, em N;

D = Diâmetro do corpo de prova, em mm.

Ensaio de taxa de infiltração

O ensaio de taxa de infiltração de água foi realizado conforme a norma ASTM/C1701 (2009) devido haver poucas normas para o uso do concreto permeável, foi tido como referência a utilizada nos trabalhos estudados.

Inicialmente, foi anexado na placa um anel cilindro de zinco com 300 mm de diâmetro e 12 cm de altura, no qual foi fixado nas placas de concreto permeável com gesso em seu contorno para evitar que a água utilizada no ensaio não infiltre além das paredes do cilindro, conforme está representada na Figura 8.

Figura 8. Anel cilíndrico anexada com gesso



Fonte: (Autores, 2017).

Antes do ensaio de infiltração de água, foi realizada uma pré-molhagem com 4 Kg de água em ambas as placas: uma com traço de 1:3 e outra com 1:4. E para o ensaio de taxa de infiltração foram utilizados 10 Kg de água. O tempo de infiltração (T) e a massa de água utilizada (M) determinam a taxa de infiltração de água (I) nas duas placas de concreto permeável.

A equação aplicada para determinar a taxa de infiltração, de acordo com a ASTM/C1701 (2009), é mostrada na Equação 2:

$$I = \frac{K \cdot M}{D^2 \cdot t} \quad \text{Equação 2}$$

onde:

I = Coeficiente de infiltração, em (mm/h);

M = massa de água infiltrada, em (kg);

D^2 = Diâmetro do cilindro, em (mm).

t = intervalo de tempo entre adição da água e seu desaparecimento da superfície.

K = constante no valor de 4.583.666.000 (Sistema Internacional);

Os ensaios foram realizados nas placas de concreto permeável com dimensões de 30x30x06 cm ambos os traços 1:3 e 1:4 com 28 dias de idade adotando-se como resultado final a média das medições e o tempo de infiltração da massa de água foi mensurado em segundos.

RESULTADOS

Ensaio de resistência a compressão no traço 1:3

No ensaio de resistência a compressão no traço 1:3 observa-se que as resistências à compressão atendem a norma da ACI (2010), que cita que o concreto permeável deve suportar cargas entre 3,5 a 28 MPa aos 28 dias de idade. Como resultado a resistência à compressão média máxima foi de 5,09 MPa aos 28 dias de idade, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Resultados de resistência a compressão traço 1:3

TRAÇO	TEMP.	IDADE	N° CPs	Kgf	kN	MPa	Média kN	Média Mpa
1:3	Ambiente	28 dias	CP 1	4000	39200	5,10	39200	5,09
			CP 2	3500	34300	4,46		
			CP 3	4500	44100	5,73		

Fonte: (Autores, 2017)

Foi utilizado como comparativo para o ensaio de resistência à compressão, os resultados apresentados pelo estudo de Schwetz et al., (2015) que em seu trabalho utilizou como cura do concreto a câmara úmida e temperatura ambiente onde ficaram 28 dias para obter uma cura alcançando resistência à compressão média máxima de 8,98 MPa, conforme Tabela 2.

O método de cura adotado na pesquisa foi o de cura saturada, no qual os corpos de provas foram submersos por 28 dias em tanque com água, enquanto Schwetz (2015) optou por câmara úmida, por sua vez, foram utilizados os mesmo traços e a variação de resultados pode ter

TRAÇO	TEMP.	IDADE	N° CPs	kN	MPa	Média kN	Média MPa
1:3	Ambiente	28 dias	CP 1	71,4	10,06	63,7	8,98
			CP 2	55	7,74		
			CP 3	62	8,75		
			CP 4	66,4	9,36		

devido a ausência de aditivos, que não foi adicionado na mistura do concreto para os ensaios desta pesquisa.

Tabela 2. Dados de resistência à compressão de Schwetz no traço 1:3

Fonte: (Adaptado de Schwetz *et al.*, 2015)

Ensaio resistência à compressão no traço 1:4

No ensaio de resistência a compressão no traço 1:4 observa-se que as resistências à compressão também atendem a norma da ACI (2010), que cita que o concreto permeável deve suportar cargas entre 3,5 a 28 MPa aos 28 dias de idade. Entretanto, os valores apresentados no ensaio de compressão do traço 1:4 foram inferiores comparados com os do traço 1:3 onde se obteve como resultado a resistência à compressão resistência média máxima de 4,24 MPa aos 28 dias de idade, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Resultados do ensaio de resistência à compressão (1:4)

TRAÇO	TEMP.	IDADE	N° CPs	Kgf	kN	MPa	Média KN	Média MPa
1:4	Ambiente	28 dias	CP 1	3100	30380	3,95	32666	4,24
			CP 2	3200	31360	4,08		
			CP 3	3700	36260	4,71		

Fonte: (Autores, 2017)

Novamente foi utilizado como comparativo para o ensaio de resistência à compressão, os resultados apresentados pelo estudo de Schwetz et al., (2015) onde foi obtido resistência à compressão média máxima alcançada de 4,21 MPa, aos 28 dias de idade conforme Tabela 4. O traço também apresentou valores inferiores se comparado com o traço anterior (1:3).

Tabela 4. Dados de resistência à compressão de Schwetz no traço (1:4)

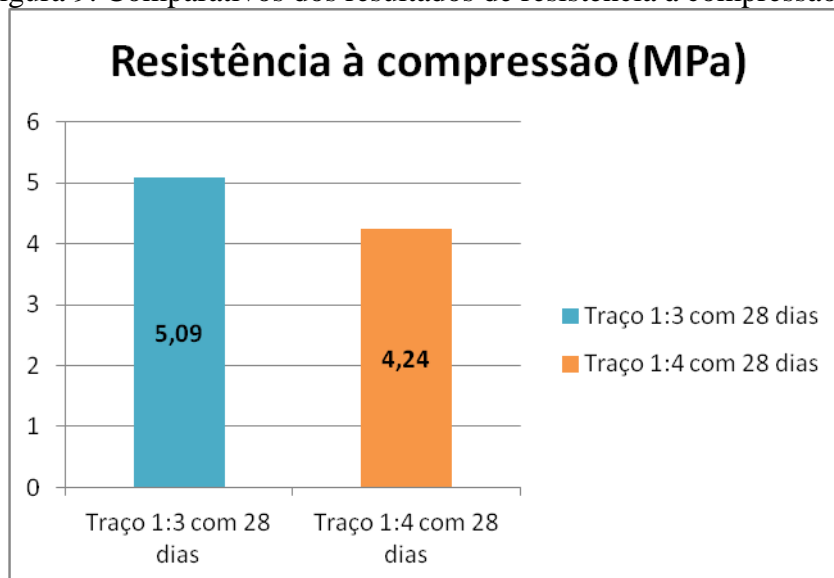
TRAÇO	TEMP.	IDADE	N° CPs	kN	MPa	Média kN	Média Mpa
1:4	Úmida	28 dias	CP 1	22,8	3,22	29,9	4,21
			CP 2	27,2	3,82		
			CP 3	36,8	5,18		

Fonte: (Adaptado de SCHWETZ *et al.*, 2015).

Comparativo dos resultados de resistência a compressão

A Figura 9 representa um comparativo dos dois traços, nota-se que a resistência à compressão do concreto permeável produzido no traço 1:3 apresenta maior resistência que o traço 1:4.

Figura 9. Comparativos dos resultados de resistência à compressão



Fonte: (Autores, 2017)

Segundo Tutikian (2011) a resistência à compressão de um concreto é 95% adquirida pela resistência da pasta e da relação a/c, quanto menor for este fator maior será a resistência do concreto, tal descoberta ficou conhecida como a Lei de Abrams. Devido a isso, verifica-se a grande diferença entre os traços e fica claro que a razão é devido aos constituintes da mistura do concreto. No traço 1:3 onde se apresenta maior teor de cimento e aumento do desempenho mecânico, o cimento reage com o agregado graúdo (brita 0) e ocupam de melhor forma os poros vazios do concreto permeável e adquirindo resistência.

A utilização do cimento CP II – ARI contribuiu para que as resistências chegassem a 77,87% da resistência final no traço 1:3 aos 28 dias. Conforme Holtz (2011) a relação a/c de

0,30 adotada neste estudo contribui para o aumento de trabalhabilidade da mistura, permitindo um melhor adensamento dos agregados, aumentando assim sua resistência à compressão. O referido autor Holtz (2011) informa também o aumento de resistência quando se utiliza mesa vibratória para adensamento da mistura, entretanto, pode vir a causar obstrução dos poros do concreto permeável, afetando sua permeabilidade.

Ensaio de taxa de infiltração de água no traço 1:3

Os resultados obtidos no ensaio da taxa de infiltração de água alcançaram média de 0,2099 cm/s aos 28 dias de idade, os resultados estão descritos na Tabela 10. Foi utilizado como comparativo o trabalho de Lamb (2014) no qual ele envolveu o concreto permeável em um filme de polietileno e dispostas na câmara úmida com temperatura ambiente. E como resultado o autor obteve taxa média de infiltração de água de 0,8002 cm/s no traço 1:3, conforme Tabela 5.

Tabela 5. Resultados das médias do ensaio de infiltração de água (1:3)

Identificação	Traço	Temp.	Idade	Repetições	Pré lavagem (s)	M kg	T (s)	I (cm/s)	Média I (cm/s)
Placa 1	1 : 3	Saturada	28 dias	2	12,63	10	51	0,2178	0,2099
					15,91		55	0,2020	

Fonte: (Autores, 2017).

No ensaio de infiltração realizado por Lamb (2014) foi utilizado para o teste 18 Kg de água, entretanto para os ensaios da pesquisa foram utilizados 10 Kg de água, ambos com o mesmo traço, a relação a/c e a quantidade de água utilizada para o ensaio no traço explica a variação dos resultados, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6. Dados do ensaio de infiltração de Lamb (1:3)

Identificação	Traço	Cura	Idade	Repetições	Pré-lavagem(s)	m(kg)	t(s)	i(cm/s)	Média i(cm/s)
PLACA 1	1:3	Úmida	28 dias	4	7,23	18	31,1	0,791161	0,8002
					7,87		36,2	0,680574	
					6,04		28,29	0,852778	
					5,94		28,12	0,87613	

Fonte: (Adaptado de LAMB, 2014).

Ensaio de taxa de infiltração de água no traço 1:4

Os resultados obtidos no ensaio da taxa de infiltração de água alcançaram média de 1,018 cm/s aos 28 dias de idade, os resultados estão descritos na Tabela 12. Também foi utilizado como comparativo o trabalho de Lamb (2014) no qual foi obtido um valor máximo

de infiltração de 1,1365 cm/s conforme Tabela 7. Valores superiores também se comparados ao traço 1:3.

O traço 1:4 obteve valores de infiltração superiores se comparado com o traço anterior, essa diferença se explica através da porosidade da estrutura que permite a passagem das águas sem resistência pelo concreto.

Tabela 7. Resultados das médias do ensaio de infiltração de água (1:4)

Identificação	Traço	Temp.	Idade	Repetições	Pré lavagem (s)	M kg	T (s)	I (cm/s)	Média I (cm/s)
Placa 1	1 : 4	Saturada	28 dias	2	3,67	10	12	0,9259	1,018
					3,56		10	1,111	

Fonte: (Autores, 2017)

Mais uma vez a variação dos resultados está ligada a relação a/c e nos componentes da mistura, no ensaio de infiltração realizado por Lamb (2014) foi utilizado 18 Kg de água enquanto na pesquisa se utilizou 10 Kg, ambos com o mesmo traço, como mostra a Tabela 8.

Tabela 8. Dados do ensaio de infiltração de Lamb (1:4)

Identificação	Traço	Temp	Idade	Repetições	Pré lavagem (s)	M kg	T (s)	I (cm/s)	Média I (cm/s)
PLACA 2	1:4	Úmida	28 dias	4	5,1	18	31,1	0,794734	1,1365
					5,2		18,08	1,368709	
					6,1		21,29	1,156981	
					4,2		20,1	1,22571	

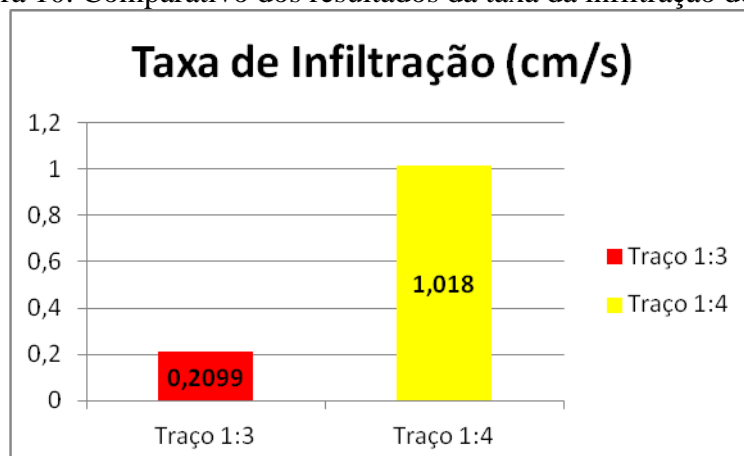
Fonte: (Adaptado de Lamb, 2014)

Comparativo dos resultados de taxa de infiltração de água

A Figura 10 apresenta os resultados dos dois traços onde fica nítida a diferença entre eles, o traço 1:4 aponta uma enorme taxa de infiltração se comparada ao traço 1:3.

Para Holtz (2011) a principal característica do concreto permeável é sua capacidade de infiltração de água. E quanto maior for a resistência do concreto, maior é o bloqueio de seus poros e isso influencia em sua capacidade de infiltração causando diminuição nos resultados.

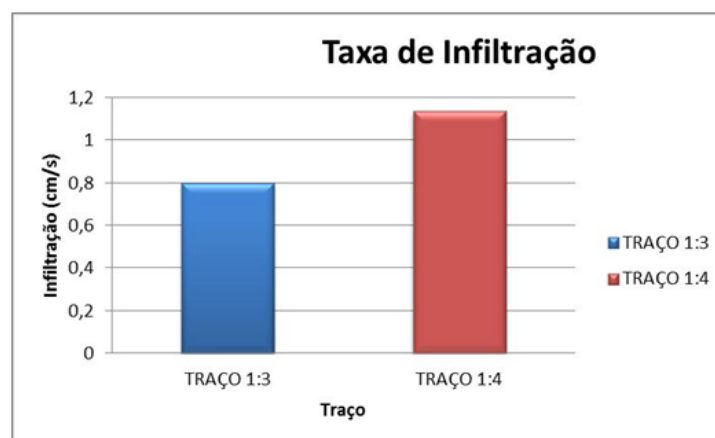
Figura 10. Comparativo dos resultados da taxa da infiltração de água



Fonte: (Autores, 2017).

Por sua vez os dados demonstram evidentemente a importância da relação a/c, uma vez que quanto menor o teor de cimento na mistura, maior será a capacidade de infiltração de água do concreto permeável, entretanto essa alta taxa de infiltração está diretamente ligada a diminuição de resistência do concreto. Esta mesma diferença é vista no trabalho de Lamb (2014) que será apresentado na Figura 11.

Figura 11. Comparativos dos resultados da taxa de infiltração de água de Lamb



Fonte: (Adaptado de LAMB, 2014).

Segundo Holtz (2011) essa variação de taxas pode ocorrer devido a forma de adensamento, que influencia diretamente nos resultados, e que um bom método de adensamento pode garantir uma boa distribuição dos poros do concreto permeável.

Para Lamb (2014) obteve taxas superiores no traço 1:4 e inferiores no traço 1:3. Em seu trabalho foi adotado o cimento CPV-ARI, porém com relação a/c 0,25. Utilizou o agregado que apresentou módulo de finura de 6,06 e dimensão máxima do agregado de 12,5 mm, ambos os valores superiores a este trabalho.

Segundo a ACI (2010) as características do agregado também podem ser citadas como fundamentais, e que o diâmetro máximo do agregado graúdo deve estar entre 2,4 a 9,5 mm.

Para Bauer e Noronha (2014) não utilizar aditivo superplastificante e acelerador de pega também pode interferir nos resultados, uma vez que estes aditivos influenciam diretamente na trabalhabilidade do concreto e reduz a quantidade de água necessária na mistura.

CONCLUSÃO

A pesquisa evidência a possibilidade de utilização do concreto permeável como pavimentação, uma vez que o mesmo apresentou permeabilidade de água e resistência. Dos traços estudados: o de (1:3) apresentou os melhores resultados de resistência à compressão, alcançando 5,09 MPa aos 28 dias de idade. Sua capacidade de infiltração de água foi de 0,2099 cm/s, também aos 28 dias. Entretanto, o (1:4) apresentou resistência á compressão máxima de 4,24 MPa aos 28 dias, com uma diferença entre eles de 0,85 MPa. Porém, apresentou uma capacidade de infiltração de água alta, alcançando 1,018 cm/s, com uma diferença 0.8981 cm/s comparando-se com o do traço 1:3 que foi de 0,2099 cm/s.

Mediante os resultados apresentados de resistência à compressão que foi de 5,09 MPa e está de acordo com a norma ACI (2010) que cita que o concreto permeável deve suportar cargas entre 3,5 a 28 MPa, assim o concreto permeável pode ser aplicado em áreas de tráfego leve, por exemplo: estacionamentos, quadras, parques, calçadas, passeios, etc.

Sua aplicação é satisfatória por se tratar de material de grande funcionalidade sustentável e isso torna o concreto permeável uma grande opção e aliado no combate as deficiências causadas pela impermeabilização do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, NBR 16416/2015: **os requisitos para os pavimentos de concreto**. Rio de Janeiro, (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT - NBR16416 de 08/2015).

ABNT, NBR NM 248/2003: **Agregados – Determinação da composição granulométrica**, Rio de Janeiro, (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – NBR NM 248/2003).

ABNT, NBR 12142/2010: **Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos**, Rio de Janeiro, (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – NBR 12142/2010).

ABNT, NBR 5738/2003 – **Concreto – Procedimentos para moldagem e cura de corpos-de-prova**, Rio de Janeiro, 2003. (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – NBR 5738/2003).

ABNT, NBR 5739/2007: **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**, Rio de Janeiro, (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – NBR 5739/2007).

ACI COMMITTEE 522.522R/2010: **Report on Pervious**.2010, 38p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C/1701**: Standard test method for infiltration rate of in place pervious concrete. West Conshohocken, 2009.

BAUER, L.A.F.; NORONHA, M.A.A.; BAUER, R.J.F. **Uso de aditivos no concreto**. In: Materiais de construção. 5 ed. vol 1. Rio de Janeiro, 2014. 471 p.

LAMB, G.S. *et al.* **Estudo do comportamento de elementos de drenagem confeccionados em concretos permeáveis**. IBRACON. [S.l.], 2013. 13 p.

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. 150 p.

HOLTZ, Fabiano da Costa. **Uso do concreto permeável na drenagem urbana: Análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental**. 2011. 139 p.

MONTEIRO, Anna Carolina Neves. **Concreto Poroso: Dosagem e desempenho**. 2010. 36p. Disponível em https://www.eec.ufg.br/up/140/o/CONCRETO_POROSO_DOSAGEM_E_DESEMPENHO.pdf. Acessado em 27.04.2017.

PINHEIRO. Ligia. **Projeto Técnico: Pavimento Permeável**. São Paulo. 21p. 2013.

POLASTRE B.; Santos L. D. **Concreto Permeável**. 2006. **Universidade de São Paulo, 2006. IP-04/2004. DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS PARA TRÁFEGO LEVE E MÉDIO**. Disponível em http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/NORMAS%20T%C3%89CNICAS%20INSTRU%C3%87%C3%95ES%20NOVAS/Pavimenta%C3%A7%C3%A3o/IP_04%5B1%5D.pdf. Acessado em 27.04.2017.

SCHWETZ, P.F. *et al.* **Concreto permeável: otimização do traço para a pavimentação de fluxo leve**. Lisboa, 2015. 11 p.

TUTIKIAN, B.F.; HELENE, P. **Dosagem dos concretos de cimento Portland**. 2011. 38 p.

VALADARES, Leonardo. **Concreto Permeável**. 2011. Disponível em www.leonardovaladares.blogspot.com.br. Acessado em 27.04.2017

VIRGILIIS, A. L. C. **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. 2009. 196 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-08092010-122549/pt-br.php>. Acessado em 21.09.2016.