



**ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE CONCRETO PERMEÁVEL COM
FUNÇÃO ESTRUTURAL E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO**

**STUDY AND DEVELOPMENT OF PERMEABLE CONCRETE WITH
STRUCTURAL FUNCTION AND ANALYSIS OF VIABILITY OF USE**

Antonio Carlos Vilella Caldeira¹

Vitor Henrique Serradilha²

Alex Henrique Gomes da Cruz³

Lucas Gomes Alves⁴

Luiz Gustavo Pereira Yokomizo⁵

Pedro Sergio Hortolani Rodrigues⁶

RESUMO: O crescimento populacional diretamente relacionado ao aumento da taxa de ocupação do solo que é constante e com ele evidencia-se uma maior preocupação com os problemas relacionados à drenagem urbana. A utilização do concreto permeável em pavimentos compõe um conjunto soluções para atenuar os problemas de enchentes, devido à redução de escoamento superficial. Apesar de se apresentar como uma alternativa viável, ainda há a necessidade de maiores estudos sobre suas características e comportamento. Neste artigo será realizado um estudo experimental de modo a desenvolver um material com boa trabalhabilidade, permeabilidade e em que se consiga uma resistência considerável, discutindo sobre suas possíveis aplicações e novos estudos a serem conduzidos.

¹ Graduando em Engenharia Civil, UNITOLEDO, 2016.

² Graduando em Engenharia Civil, UNITOLEDO, 2016.

³ Graduando em Engenharia Civil, UNITOLEDO, 2016.

⁴ Graduando em Engenharia Civil, UNITOLEDO, 2016.

⁵ Graduando em Engenharia Civil, UNITOLEDO, 2016.

⁶ Mestre em Engenharia Civil, UNESP, 2008.

Palavras-chave: Concreto Permeável; Resistência; Permeabilidade.

ABSTRACT: The population growth directly related to the increase in the rate of land occupation that is constant and with it is evidenced a greater concern with the problems related to urban drainage. The use of permeable concrete in pavements composes a set of solutions to alleviate the problems of flooding, due to the reduction of surface runoff. Despite presenting itself as a viable alternative, there is still a need for further studies on its characteristics and behavior. In this article an experimental study will be carried out in order to develop a material with good workability, permeability and in which considerable resistance is achieved, discussing its possible applications and new studies to be conducted.

Key words: Permeable Concrete; Resistance; Permeability.

1. INTRODUÇÃO

As enchentes são fenômenos cada vez mais frequentes nas cidades, prejudicando os seus habitantes e trazendo grandes prejuízos. Isso ocorre devido ao grande aumento da taxa de impermeabilização do solo que é evidenciado hoje em dia nas áreas urbanas. A exemplo dos telhados, calçadas, ruas, estacionamentos entre outros.

As ações públicas para as soluções desses problemas no Brasil estão voltadas, em grande parte das vezes, somente para as medidas estruturais. As soluções geralmente encontradas por parte do poder público têm sido as redes de drenagem, que simplesmente transferem a inundação de um ponto para outro, sem que se avaliem os reais benefícios da obra (ARAÚJO; TUCCI; GOLDEFUM, 2000).

As soluções para esses problemas são demoradas e relativamente caras. Por isso, o concreto permeável vem sendo uma solução viável, por ser simples, ter baixo custo e por sua rápida aplicação. O uso desse tipo de pavimento pode eliminar a necessidade de medidas onerosas para o controle do escoamento das águas pluviais, tais como bacias de retenção, valas e lagoas. Pode ser utilizado em locais como pavimentos de baixo volume de trânsito, por exemplo de calçadas, decks de piscinas, praças e estacionamentos.

Esse tipo de concreto também traz benefícios importantes ao meio ambiente, pela sua capacidade de absorção, ele contribuindo com a recarga do lençol freático, que permaneceria em sua maior parte desabastecida em certa região, devido à grande impermeabilização, a exemplo de uma cidade com alta taxa de impermeabilização.

O concreto permeável é diferente do convencional por apresentar grande índice de vazios, os quais permitem ser altamente permeável, facilitando que a água drene rapidamente através do concreto ao invés do excesso escoar sobre o pavimento. Sua composição é basicamente formada de aglomerante (Cimento Portland), agregado graúdo (pedrisco) e pouco ou nenhum agregado miúdo (areia).

Para contribuir ao concreto permeável um melhor desempenho, durabilidade, resistência e trabalhabilidade, pode-se utilizar diferentes tipos de adições e aditivos que possuem as finalidades desejadas em último caso (BATEZINI, 2013).

1.1 Drenagem Urbana

O processo de urbanização do Brasil ocorreu de forma rápida e desordenada ao longo do século XX, influenciado pela grande migração da população rural para as áreas urbanas em busca de novas oportunidades (BATEZINI, 2013).

O país enfrenta muitos desafios gerados pela água da chuva, onde não há escoamento suficiente, causando transtornos a toda população, mas esses problemas são devido ao aumento populacional e decorrente da grande impermeabilização dos centros urbanos. Hoje, o melhor recurso é a drenagem urbana, que é um conjunto de medidas que tem como objetivo diminuir os riscos que a população sofre, proporcionando menos prejuízos e possibilitando um desenvolvimento urbano mais sustentável.

A drenagem urbana tem sido desenvolvida com o intuito de drenar a água das precipitações o mais rápido possível para jusante, produzindo aumento da frequência e magnitude das enchentes. Este aumento traz consigo o acréscimo da produção de lixo e a deterioração da qualidade de água (ARAÚJO; TUCCI; GOLDEFUM, 2000).

Assim, deve-se considerar medidas de origem paliativa para atenuar ou até eliminar o escoamento superficial. A substituição de pavimentos impermeáveis pelos que conferem a propriedade permeável é uma solução positiva e completamente viável.

1.2 Pavimentos Permeáveis

A pavimentação vem se expandindo cada vez mais, pelo fato do grande desenvolvimento do país, gerando impactos sociais e ambientais. Devido ao grande tráfego de veículos, para a melhoria das condições do trânsito, vem aumentando cada vez mais os lugares pavimentados (calçadas, parques, estacionamentos, estradas, entre outros), conseqüentemente, diminuindo as áreas naturais permeáveis e aumentando o escoamento superficial.

Um tipo de dispositivo capaz de reduzir volumes de escoamento superficial e vazões de pico a níveis iguais ou até inferiores aos observados antes da urbanização, redução do impacto da qualidade da água e dos sedimentos é o pavimento permeável (ARAÚJO; TUCCI; GOLDEFUM, 2000).

O pavimento permeável é um dispositivo de infiltração da água, onde o escoamento superficial é desviado através de uma superfície permeável para dentro de um reservatório de pedras, por onde infiltra através do solo, podendo sofrer evaporação ou mesmo atingir o lençol freático (ACIOLI, 2005).

A utilização dos pavimentos permeáveis, em um contexto geral, pode indicar uma redução dos volumes escoados e do tempo de resposta da bacia para condições similares ou, até mesmo, dependendo das características do subsolo, melhores condições que as de pré-desenvolvimento, utilizando-o adequadamente, respeitando seus limites físicos, desde que seja conservado periodicamente com uma manutenção preventiva, evitando assim a colmatagem do pavimento permeável (entupimento do pavimento) (ARAÚJO et al., 2000).

Visto isso, junto ao Centro Universitário Toledo Araçatuba/SP em seu Laboratório de Engenharia Civil - LEC, busca neste artigo conduzir um primeiro estudo sobre o concreto permeável com função estrutural que apresente boas condições de infiltração.

2. OBJETIVO

Desenvolver um traço de concreto permeável que tenha boas condições de trabalhabilidade e permeabilidade, além de uma resistência adequada, para apontar possíveis aplicações práticas.

3. METODOLOGIA

Observando primeiramente a obtenção de um material com boa trabalhabilidade no intuito de obter boas amostras para ensaio, o procedimento experimental foi analisar o comportamento de quatro traços distintos, ensaiando suas resistências à compressão axial e condições de permeabilidade.

Nos traços utilizou-se Cimento Portland CII E32, pedrisco, areia grossa e água nas proporções apresentadas na Tabela 1.

Primeiramente todo pedrisco foi colocado em uma betoneira com parte da água. Na sequência, foi adicionado todo o cimento e a areia (nos traços que utilizaram à areia) finalizando com o restante da água. Após verificar a homogeneidade da mistura, foi realizado o ensaio de *slump test*, respeitando a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1998), pela sua NBR NM 67. Foram moldados corpos-de-prova cilíndricos 20x10cm respeitando a ABNT (2015), pela sua NBR 5738, sendo dois corpos-de-prova separados para o ensaio aos sete dias, dois aos quatorze dias e quatro corpos-de-prova aos vinte e oito dias.

Após um dia da moldagem, os mesmos foram desmoldados e armazenados em solução de água saturada de cal.

Tabela 1 - Traços experimentais do concreto permeável

Traço	Cimento (kg)	Pedrisco (kg)	Areia (kg)	Água (kg)
Traço 1 (T1)	1	2,5	0	0,37
Traço 2 (T2)	1	3	0	0,37
Traço 3 (T3)	1	3	0,1	0,37
Traço 4 (T4)	1	3	0,2	0,37

Foi moldada também uma placa com dimensões de 56x20x07cm para cada traço, que foi utilizada tanto para conferir as propriedades de permeabilidade, como nos ensaios de resistência a compressão axial aos vinte e oito dias de cura.

Nas datas de ensaio, os corpos-de-prova foram retirados da cura (Figura 1) e foram medidas as suas alturas e diâmetros com o auxílio do paquímetro.

Os corpos-de-prova foram então capeados com enxofre (Figura 2), procedimento também necessário para que as faces se nivelem, tendo uma maior região em contato com a superfície da prensa.

Foram analisados os ensaios de resistência à compressão axial dos quatro diferentes traços, respeitando a ABNT (2007), pela sua NBR 5739, utilizando a máquina de ensaios de compressão EMIC SSH300 classe I do LEC, devidamente calibrada (Figura 3).

Para as placas, primeiramente foi feito um ensaio de permeabilidade. Este ensaio consistiu em simular uma chuva utilizando um regador de jardim, onde foi colocada a quantidade de dois litros de água e depois despejada nas placas, observando a permeabilidade das mesmas. As placas foram pesadas antes e depois dos ensaios, a fim de saber a quantidade de água absorvida. Após a realização de cada ensaio, a bandeja (pesada inicialmente), que estava como suporte de armazenamento da água excedente das placas, foi novamente pesada para saber a quantidade de água que infiltrou pelas placas. Para o controle da quantidade de água, utilizou-se uma bandeja (Figura 4).

Na sequência as amostras foram capeadas com gesso (Figura 5) e realizado o ensaio de resistência axial orientado pela ABNT (2013), pela sua NBR 12118.



Figura 1- Corpos de prova retirados da cura



Figura 2 – Corpos de prova capeados com enxofre



Figura 3 - Execução do ensaio de compressão dos corpos de prova cilíndricos



Figura 4 – Ensaio de permeabilidade



Figura 5 - Placas capeadas com gesso

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ensaio do *slump test*, devido ao alto índice de vazios da mistura e a pouca quantidade de água adicionada, obteve-se um valor próximo a zero (Figura 6).

De qualquer forma, com essa consistência já se conseguiu uma trabalhabilidade considerável para a moldagem das amostras. Outros traços realizados anteriormente a este trabalho não conseguiram bons resultados nesse sentido.



Figura 6 - Execução do *Slump test*

Os resultados dos ensaios de compressão axial das placas aos vinte e oito dias, estão dispostos na Tabela 2. Em seguida, os resultados dos ensaios de compressão axial dos corpos-de-prova cilíndricos para sete, quatorze e vinte e oito dias pode visualizado através da Tabela 3 e as médias dos ensaios através do Gráfico 1.

Tabela 2 - Resultados dos Ensaios de Compressão Axial das Placas

TRAÇO	T1	T2	T3	T4
IDADE	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias
	Resistência (MPa)	Resistência (MPa)	Resistência (MPa)	Resistência (MPa)
Resultado	15,45	15,28	15,41	15,49

Tabela 3 - Resultados dos ensaios de compressão axial dos corpos-de-prova

TRAÇO	T1			T2			T3			T4		
IDADE	07 dias	14 dias	28 dias	07 dias	14 dias	28 dias	07 dias	14 dias	28 dias	07 dias	14 dias	28 dias
	Resistência (MPa)			Resistência (MPa)			Resistência (MPa)			Resistência (MPa)		
CP1	13,20			5,56			8,97			11,62		
CP2	9,39			4,84			9,36			11,47		

CP3		8,15			5,31			10,20			12,99	
CP4		7,83			5,45			9,37			12,58	
CP5			14,61			6,72			13,17			14,83
CP6			11,60			6,48			11,30			13,29
CP7			13,12			8,63			10,11			13,44
CP8			9,33			7,07			12,87			16,87
MÉDIA	11,29	7,99	12,17	5,20	5,38	7,22	9,17	9,79	11,86	11,55	12,79	14,61

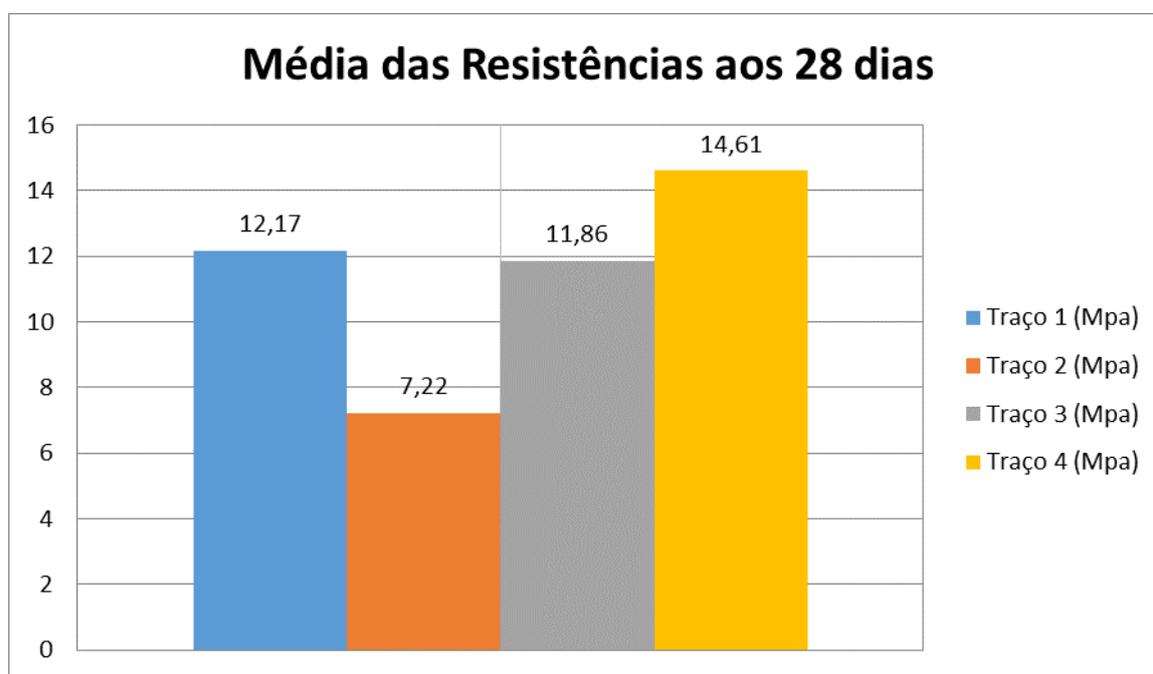


Gráfico 1 - Comparação das médias das resistências aos 28 dias

A partir dos resultados obtidos, ficou claro que, conforme o tempo em cura se passou a resistência aumentou, característica já comprovada em concretos convencionais.

Como no concreto convencional, a adição de areia nos traços colabora para a melhor homogeneização e diminuição do índice de vazios (traços 3 e 4), propriedade que é contrária à permeabilidade desejada nesse tipo de material mas confere melhores resultados em termos estruturais.

O comportamento das amostras durante o ensaio de compressão também foi diferenciado, obtendo melhores valores de resistência nas placas, que também simulam melhor as condições de aplicação prática, a exemplo de uma calçada.

Na condução do ensaio de permeabilidade, os dados referentes à absorção de água estão dispostos na Tabela 5 e o resultado da água de infiltração na Tabela 6.

Tabela 4 -Valores de água absorvida pela placa de concreto permeável (em massa)

	Traço 1	Traço 2	Traço 3	Traço 4
Tara da Placa Seca (kg)	15,12	13,61	15,37	15,67
Tara da Placa Úmida (kg)	15,41	13,91	15,69	15,87
Água Absorvida (kg)	0,29	0,30	0,32	0,20

Tabela 5 - Resultado da água retida na bandeja

	Traço 1	Traço 2	Traço 3	Traço 4
Tara da Bandeja (Kg)	2,02	2,02	2,02	2,02
Tara da Bandeja Úmida (Kg)	3,72	3,65	3,65	3,74
Água Retida (Kg)	1,70	1,63	1,63	1,72

Para o Traço 1, tivemos 99,50% de permeabilidade e, em sequência, Traço 2 (96,50%), Traço 3 (97,50%) e Traço 4 (96,00%)

Com esses resultados, observa-se que nos traços que apresentam agregados miúdos na sua composição teve-se maior absorção de água e, conseqüentemente, menor permeabilidade, enquanto apresenta um melhor comportamento estrutural. No Traço 4 não se alcançaram bons resultados de permeabilidade, tendo a água que escorrer para as extremidades da placa, também não produzindo dados confiáveis. Para os fins que

desejamos a este material, mixando boa resistência com boa permeabilidade, este traço não atende.

5. CONCLUSÕES

Verificando os baixos resultados para as amostras ensaiadas em formato de corpo-de-prova cilíndrico e, em contrapartida, os melhores resultados obtidos para o ensaio de placas, sinaliza-se que devem ser feitos novos estudos com mais lotes de amostras e formatos de placas, de modo a confirmar a teoria que este tipo de amostra é melhor caracterizadora de resistência e comportamento do concreto permeável.

Ainda referente às placas, a resistência a compressão aos 28 dias em qualquer um dos traços analisados ter sido superior a 15MPa, também viabiliza a aplicação inicial do material em calçadas, ciclovias e estacionamentos devido a esses serem projetados geralmente para suporte de tráfego leve.

São necessários dessa forma mais estudos com dosagens diferentes dos traços que obtiveram bons resultados, bem como analisar a viabilidade de aplicação de aditivos na mistura, melhorando as propriedades de resistência, a fim de possibilitar mais formas de aplicação.

Apesar das amostras consideradas terem apresentado boas condições de permeabilidade, estudos mais precisos sobre essa propriedade também devem ser conduzidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLI, Laura Albuquerque. **Estudo Experimental de Pavimentos Permeáveis para o Controle do Escoamento Superficial na Fonte**. 2005. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ARAÚJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDEFUM, Joel A.. REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS: AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS PAVIMENTOS PERMEÁVEIS NA REDUÇÃO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, p.21-29, jul. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12118:2013**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013. 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738:2015**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739:2007**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 67:1998**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998. 8 p.

BATEZINI, Rafael. **Estudo Preliminar de Concretos Permeáveis como Revestimento de Pavimentos para Áreas de Veículos Leves**. 2013. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.