



## ESTUDO DE DOSAGEM DE CONCRETO PERMEÁVEL

**Santana, J.V.<sup>1</sup>, Goncalves, A.C.<sup>2</sup>, Albuquerque, M.C.F.<sup>3</sup>.**

1 - Departamento de Engenharia Civil, FEIS - UNESP

2 - Departamento de Engenharia Mecânica, FEIS – UNESP

3 - Departamento de Engenharia Civil, FEIS – UNESP -  
maria.albuquerque@unesp.br

### RESUMO

O processo de impermeabilização do solo acarreta consequências negativas para a gestão da drenagem urbana. Neste contexto o concreto permeável surge como uma solução para mitigar impactos decorrentes da impermeabilização. No entanto, ainda não existem normas para sua dosagem. No presente trabalho foi realizada a confecção de corpos de prova de concreto permeável utilizando cimento do tipo CII Z 32 e aditivo superplastificante para traços 1:3.5, 1:5,0 e 1:6.5 com variações de 0%, 5% e 10% de argamassa. Após um período de 28 dias, foram submetidos a ensaios de resistência a compressão axial, tração por compressão e infiltração conforme as normas NBR 5739, 7222 e C1701/C1701M com a finalidade de avaliar os efeitos na resistência e permeabilidade quando variada a porcentagem de argamassa. Com os valores obtidos, foi confirmada a relação inversa entre resistência e permeabilidade.

**Palavras-chave:** concreto permeável, propriedades mecânicas, permeabilidade.

### INTRODUÇÃO

Desde sua criação até os dias atuais, o concreto tem sido um dos materiais mais amplamente utilizados no Brasil e no mundo, especialmente na construção civil. Embora possua características que o tornaram um excelente material construtivo, surgiram situações que exigiam o cumprimento de requisitos cada vez mais específicos. Para atender a essas demandas, diversas classes de cimento e combinações com outros materiais foram desenvolvidas através de pesquisas, ampliando significativamente as possibilidades construtivas.

O concreto é muito valorizado por sua robustez e versatilidade; contudo, à medida que sua resistência aumenta, sua permeabilidade tende a diminuir. Com o

desenvolvimento e a expansão desenfreada das cidades, áreas anteriormente cobertas por vegetação cederam lugar às "selvas de concreto", o que se tornou um dos principais fatores responsáveis pelo acúmulo de água na superfície.

Quando o acesso da água ao subsolo é restringido, e muitas vezes combinado com a ineficiência dos sistemas de drenagem pluvial — frequentemente comprometidos por obstruções nas tubulações — a água se acumula na superfície até encontrar um local para escoar, causando diversas perdas materiais, ilhas de calor, dificulta a reposição do lençol freático, entre outros problemas. Nesse contexto, a adoção de soluções complementares de drenagem se torna essencial, sendo o concreto permeável uma dessas alternativas.

O concreto permeável é um produto resultante da variação na proporção dos agregados utilizados na produção de um concreto convencional, onde se reduz a quantidade de agregado miúdo e água. A pasta resultante envolve a superfície dos agregados, unindo-os entre si. A principal característica desse tipo de concreto é a presença de vazios interconectados, que representam entre 15% e 25% do seu volume total, permitindo que a água flua através deles por meio da gravidade [Tennis et al. (1)].

Embora seja uma alternativa recomendada por órgãos ambientais para mitigar problemas de drenagem de águas pluviais [De Solminihac et al. (2)], o concreto permeável apresenta como desvantagem a redução da sua capacidade de resistência à medida que aumenta a taxa de permeabilidade. Isso ocorre porque, quanto maior a quantidade de vazios, menores são as áreas de contato entre as partículas, resultando em uma má distribuição dos esforços provenientes das cargas aplicadas ao pavimento [Tennis et al. (1)].

De acordo com a pesquisa de Tri Mulyono (3), os melhores resultados foram obtidos utilizando uma relação água/cimento de 0,3 e agregados retidos na peneira de 9,5 mm, alcançando resistência entre 15 e 22 MPa, com uma média de 20% de vazios e permeabilidade de 19 mm/min.

O concreto permeável combina permeabilidade e resistência, permitindo seu uso em áreas onde não há grandes cargas, como calçadas e estacionamentos.

Dado que o aumento dos vazios no concreto permeável resulta em uma redução da resistência do material, é fundamental realizar estudos que avaliem o comportamento da resistência em função das variações de sua composição. Esses

estudos são essenciais para determinar o traço mais adequado a ser utilizado em obras de construção civil.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é elaborar diagramas de dosagem para concreto permeável por meio da moldagem e ensaios de corpos de prova com os traços 1:3,5, 1:5,0 e 1:6,5, variando a porcentagem de areia na argamassa em 0%, 5% e 10%. Além disso, busca-se verificar se há relações entre essas variações e a resistência final do concreto.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais

Para a composição do concreto permeável, foram utilizados os seguintes materiais:

- a. Cimento Portland CII Z 32 - Ciplan.
- b. Agregado graúdo (pedrisco) com diâmetro máximo de 9,5 mm e diâmetro mínimo de 4,75 mm
- c. Agregado miúdo (areia fina) cujas partículas passam pela peneira de 1,18 mm e são retidas na peneira de 0,15 mm.
- d. Aditivo superplastificante Tec Flow 7000 - GCP Applied Technologies.

Para caracterização dos materiais, foram realizados ensaios de acordo com as normas NBR NM 248 94), 52 (5) e 53 (6), que tratam da granulometria, massa específica do agregado miúdo e massa específica e absorção do agregado graúdo, respectivamente.

Os valores de massa específica obtidos para o agregado miúdo (NBR NM 248, 52) estão apresentados na Tabela 1, onde A1 e A2 são as amostras 1 e 2, respectivamente e DP o desvio padrão.

A tabela 2 traz os resultados da massa específica e absorção do agregado graúdo, de acordo com a NBR NM 53, sendo A1, A2 e A3, as amostras 1, 2 e 3.

Segundo o fabricante, a massa específica do cimento CII Z 32 é de 3 g/cm<sup>3</sup>.

Tabela 1: Massa específica do agregado miúdo

	A1	A2	Média	DP
Massa específica seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,592	2,357	2,474	0,17
Massa específica sup. seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,601	2,385	2,493	0,15
Massa aparente seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,617	2,426	2,522	0,14

Tabela 2: Massa específica e absorção do agregado graúdo

Propriedades	A1	A2	A3	Média	DP
Massa específica seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,916	2,992	3,040	2,982	0,06
Massa específica sup. seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,823	2,892	2,901	2,872	0,04
Massa aparente seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,774	2,842	2,832	2,816	0,04
Absorção (%)	1,7	1,8	2,4	1,9	0,4

### Métodos

Foram moldados, ao todo, 108 corpos de prova cilíndricos com dimensões de 100 x 200 mm (diâmetro x altura), divididos em 3 séries de 36 corpos de prova para cada traço e proporção de argamassa. Para cada série, após um período de cura de 28 dias, foram realizados ensaios para determinação da resistência à compressão axial, diametral e da taxa de infiltração, conforme descrito nas normas NBR 5739 (7), NBR 7222 (8) e ASTM C1701/C1701M (9), respectivamente. Além disso, foram verificados a massa específica e o volume médio de vazios para cada traço.

Os traços utilizados para confecção dos corpos de prova, sem areia, com 5% de areia e com 10% de areia, estão apresentados na Tabela 3, onde c é cimento, a, areia, b, brita, a/c é a relação água cimento e sp é superplastificante dada a porcentagem em relação ao cimento.

Tabela 3: Traços utilizados para confecção dos corpos de prova

% areia	Traço	c	a	b	a/c	sp
0	1:3,5	1	0,00	3,50	0,29	0,05%
	1:5,0	1	0,00	5,00	0,31	0,05%
	1:6,5	1	0,00	6,50	0,32	0,05%
5	1:3,5	1	0,23	3,28	0,29	0,05%
	1:5,0	1	0,30	4,70	0,31	0,05%
	1:6,5	1	0,38	6,13	0,32	0,05%
10	1:3,5	1	0,45	3,05	0,29	0,05%
	1:5,0	1	0,60	4,40	0,31	0,05%
	1:6,5	1	0,75	5,75	0,32	0,05%

Aplicando na Equação (1) os dados obtidos nos ensaios dos agregados (Tabelas 1 e 2) e os valores quantitativos dos materiais (Tabela 3), foi determinado o consumo de cimento (CC) para cada série analisada. Também foi adicionado superplastificante na quantidade de 0,5%, conforme recomendado pelo fabricante.

$$CC (kg/m^3) = \frac{1000 * (1 - 0,15)}{\frac{c}{me_c} + \frac{a}{me_a} + \frac{b}{me_b} + a/c} \quad (1)$$

Sendo  $m_e$  a massa específica aparente em  $g/cm^3$ ; c, a e b o traço de cimento, areia e brita respectivamente; e  $a/c$  a relação água/cimento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 4, 5 e 6 apresentam os resultados de Resistência à Compressão Axial, Resistência à compressão Diametral, Massa Específica, Índice de Vazios e coeficiente de permeabilidade para os concretos permeáveis sem areia, com 5% de areia e com 10% de areia respectivamente.

Tabela 4: Resultados dos ensaios de concreto permeável com 0% de areia

Ensaio	Traço					
	1 : 3,5		1 : 5,0		1 : 6,5	
Resistência à Compressão Axial (MPa)	11	± 2	9	± 2	4,5	± 0,9
Resistência à compressão Diametral (MPa)	2,0	± 0,2	1,4	± 0,1	0,69	± 0,05
Massa Específica ( $g/cm^3$ )	2,11	± 0,07	2,06	± 0,01	1,96	± 0,01
Espaços Vazios (%)	20,1	± 0,01	23,06	± 0,01	31,75	± 0,01
Permeabilidade (mm/s)	5,7	± 0,3	9,7	± 0,4	17,3	± 0,3

Tabela 5: Resultados dos ensaios de concreto permeável com 5% de areia

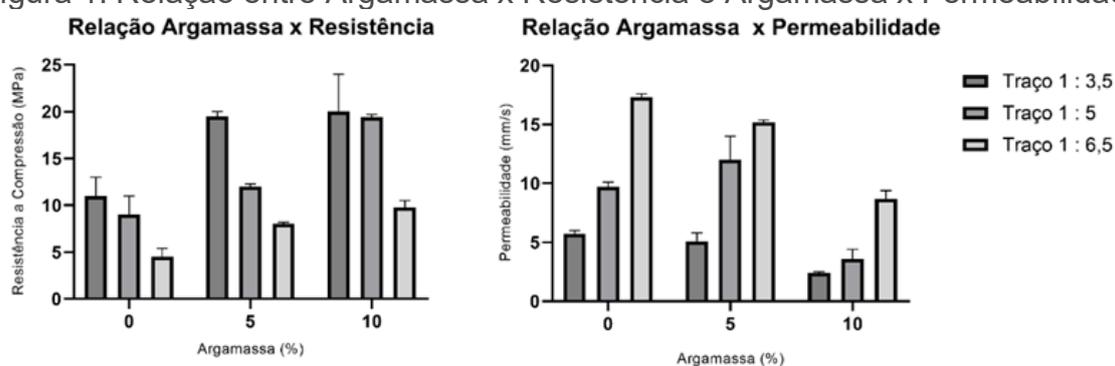
Ensaio	Traço					
	1 : 3,5		1 : 5,0		1 : 6,5	
Tensão Méd. Compressão (MPa)	19,5	± 0,5	12,0	± 0,3	8,0	± 0,2
Tensão Méd. Diametral (MPa)	2,8	± 0,1	1,9	± 0,1	1,50	± 0,06
Massa Específica ( $g/cm^3$ )	2,17	± 0,02	2,01	± 0,05	1,90	± 0,01
Espaços Vazios (%)	17,07	± 0,01	23,61	± 0,02	27,51	± 0,02
Permeabilidade (mm/s)	5,1	± 0,7	12	± 2	15,2	± 0,2

Tabela 6: Resultados dos ensaios de concreto permeável com 10% de areia

Ensaio	Traço					
	1 : 3,5		1 : 5,0		1 : 6,5	
Tensão Méd. Compressão (MPa)	11	± 2	9	± 2	4,5	± 0,9
Tensão Méd. Diametral (MPa)	2,0	± 0,2	1,4	± 0,1	0,69	± 0,05
Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,11	± 0,07	2,06	± 0,01	1,96	± 0,01
Espaços Vazios (%)	20,1	± 0,01	23,06	± 0,01	31,75	± 0,01
Permeabilidade (mm/s)	5,7	± 0,3	9,7	± 0,4	17,3	± 0,3

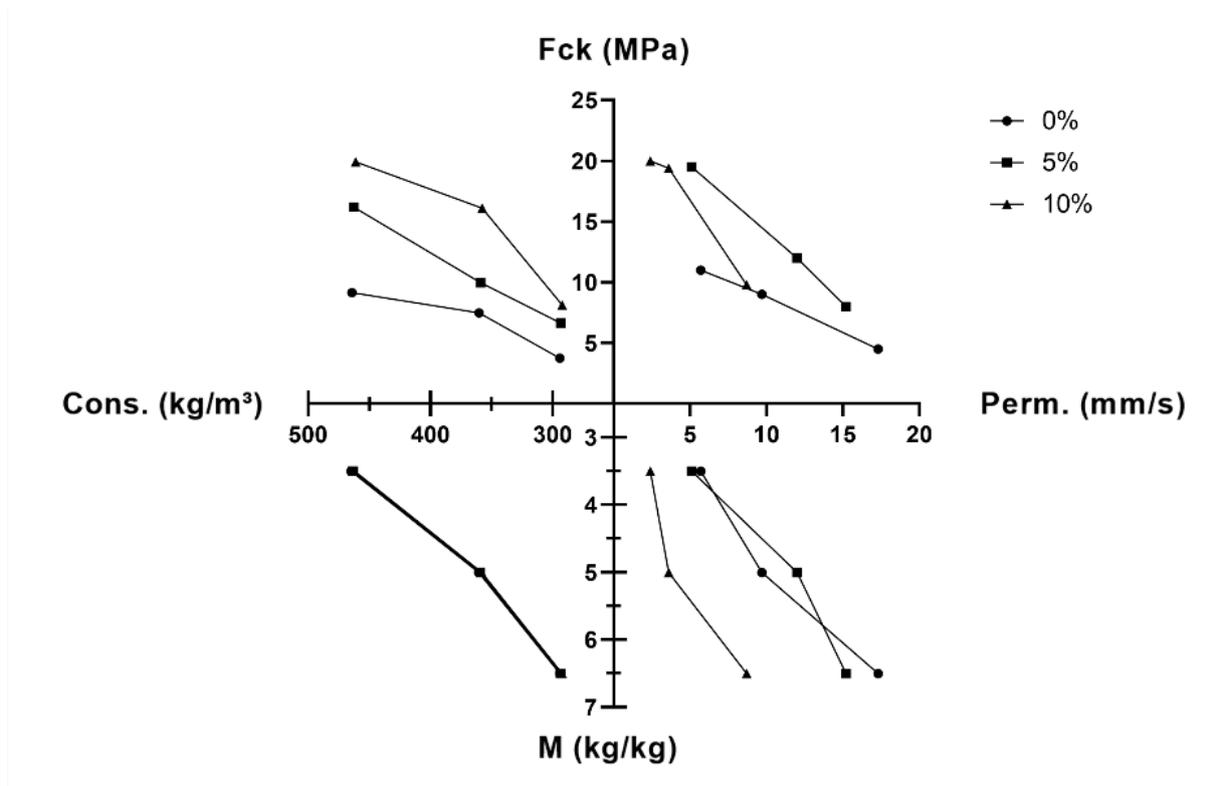
Ao analisar os valores obtidos nas relações entre Argamassa x Resistência e Argamassa x Permeabilidade, conforme apresenta a Figura 1, observa-se um aumento na resistência do concreto permeável à medida que a porcentagem de argamassa é incrementada. No entanto, essa elevação na resistência resulta em uma redução na permeabilidade, demonstrando uma relação inversa entre esses dois parâmetros. Esse comportamento está de acordo com o estudo de Tennis et al. (1).

Figura 1: Relação entre Argamassa x Resistência e Argamassa x Permeabilidade



Por fim, com os resultados dos ensaios de compressão axial e permeabilidade (Tabelas 4, 5 e 6), a tabela dos traços (Tabela 3) e o consumo de cimento calculado pela Equação (1), foi plotado o diagrama de dosagem de concreto permeável para o material com 0%, 5% e 10% de areia, conforme apresentado na Figura 2. Esse diagrama permite visualizar o traço mais adequado às necessidades previstas do projeto. Os eixos do gráfico foram divididos em Resistência à Compressão Axial ( $F_{ck}$ ), Permeabilidade, Traço (M) e Consumo de Cimento.

Figura 2: Diagrama de dosagem para traços com 0, 5 e 10% de areia.



Para utilizar o diagrama entre com o valor de resistência desejado no eixo de resistência, traça uma horizontal até a linha do material desejado (0, 5 ou 10% de areia), a partir daí traça uma vertical até o eixo de permeabilidade (onde se encontra a permeabilidade estimada), prolonga essa vertical até a linha do material desejado novamente, a partir desse ponto tração uma horizontal até o eixo dos traços (onde se determina o traço), prolonga a horizontal até a linha de consumo de cimento e a partir desse ponto traça uma vertical até o eixo de consumo de cimento, onde se obtém o consumo de cimento.

A dosagem fornecida pelo diagrama seria a dosagem inicial a ser feita e deve ser confirmada por ensaios de resistência e permeabilidade, podendo ser ajustada para o projeto desejado.

## CONCLUSÃO

Ao final dos ensaios e da análise dos gráficos, concluiu-se que há um aumento na resistência dos corpos de prova à medida que aumentamos a porcentagem de

argamassa na mistura. Entretanto, esse aumento resulta em uma diminuição da permeabilidade, comprometendo assim sua função principal.

É comum que projetos exijam certas propriedades específicas do material a ser utilizado. No caso do concreto permeável, as principais exigências são a resistência e a permeabilidade. Com o diagrama de dosagem, é possível determinar um traço que melhor se adeque às necessidades previstas.

Contudo, esse tipo de concreto é de difícil confecção, uma vez que diversos fatores, desde a escolha dos agregados até a moldagem dos corpos de prova, podem influenciar nos resultados dos ensaios posteriores. Portanto, é essencial testar a dosagem sugerida pelo diagrama para confirmar seus valores de resistência e permeabilidade.

## REFERÊNCIAS

1. TENNIS, P. D.; LEMING, M. L.; AKERS, D. J. Pervious Concrete Pavements. Maryland: Silver Spring: [s.n.], 2004.
2. DE SOLMINIHAC, H. et al. Porous concrete mixtures for pervious urban pavements. *Materiales de Construcción*, v. 57, n. 287, p. 23-36, 2007.
3. MULYONO, Tri et al. Properties of pervious concrete with various types and sizes of aggregate. In: MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2019. p. 01025.
4. NBR NM 248 - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2003.
5. NBR NM 52 - Agregado miúdo: Determinação da massa específica e massa específica aparente. 2ª. ed. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2009.
6. NBR NM 53 - Agregado graúdo: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. 2ª. ed. Rio de Janeiro, SP: ABNT, 2009.
7. NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. 3ª. ed. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2018.
8. NBR 7222 - Concreto e argamassa: Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2011.
9. C1701/C1701M - 17a: Standard test method for infiltration rate of in place pervious concrete. West Conshohocken, PA: ASTM, 2017.

## STUDY OF PERVIOUS CONCRETE MIX DESIGN

### ABSTRACT

The process of soil impermeabilization leads to negative consequences for urban drainage management. In this context, pervious concrete emerges as a solution to mitigate the impacts resulting from impermeabilization. However, there are still no standards for its mix design. In the present study, pervious concrete specimens were prepared using CII Z 32 type cement and a superplasticizer additive, with mix ratios of 1:3.5, 1:5.0, and 1:6.5, and varying mortar percentages of 0%, 5%, and 10%. After a curing period of 28 days, the specimens were subjected to compressive strength, splitting tensile strength, and infiltration tests, following the standards NBR 5739, 7222, and C1701/C1701M, respectively, to evaluate the effects on strength and permeability when varying the mortar percentage. The obtained results confirmed the inverse relationship between strength and permeability.

**Keywords:** pervious concrete, mechanical properties, permeability