

**GRANULOMETRIA IDEAL PARA UM CONCRETO PERMEÁVEL**

**Ana Alzira Moreira FEITOSA<sup>1</sup>; Igor Barbosa Jacientick PIMENTA<sup>1</sup>; Janyne Ribera EREIRA<sup>1</sup>; Larissa Gonçalves SOUSA<sup>1</sup>; Leonardo Santos de ARAÚJO<sup>1</sup>; Micael Mendonça da Silva SANTOS<sup>1</sup>; Monique Abiqueila Domiciano PIRES<sup>1</sup>; Vitor Sirioli RIBEIRO<sup>1</sup>; Guilherme Silveira SIMÕES<sup>1</sup>; Jayne Carlos PIOVESAN<sup>1\*</sup>**

1. Centro Universitário São Lucas, Porto Velho, Brasil.

\*Autor Correspondente: jayne.piovesan@saolucas.edu.br

**Recebido em:** 05 dez. 2018 - **Aceito em:** 15 jan. 2019

**RESUMO:** O concreto permeável, este que permite a passagem de água através de poros em seu corpo, possui como base apenas água, brita e cimento (excluindo-se a utilização de agregados miúdos). Neste estudo, o concreto poroso (como também é chamado) é analisado a partir da premissa de que o tamanho do agregado graúdo (a brita) utilizado afetaria consideravelmente o resultado e, assim, a fim de obter-se informações acerca de sua viabilidade e, principalmente, sua eficácia, comprova-se que este possui maior eficiência quando a brita 1 é utilizada em sua base, enquanto a brita 0 acaba por fechar parte dos poros, formando maior lâmina d'água por maior tempo. Entretanto, ambas as britas apresentam vantagens e desvantagens em comum: a baixa resistência a compressão e o maior custo em relação ao concreto convencional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto permeável. Brita. Viabilidade. Eficiência.

## **INTRODUÇÃO**

Neste experimento serão realizados testes nos quais será provada, principalmente, a permeabilidade do Concreto Permeável, isto é, que possui um índice de porosidade maior que o apresentado em placas de concreto maciço. A finalidade deste tipo de material diferenciado é de utilização para pavimentação de calçadas em território urbano e, assim, permitir a passagem da água das chuvas para dentro do concreto e, então, atravessá-lo, assim escoando o líquido para algum recipiente no qual poderá ser recolhido após a chuva, permitindo a reutilização de parte desta água para outros fins, economizando água potável, além de diminuir a possibilidade de alagamento em áreas de intensas chuvas.

O objetivo geral do experimento é definir um traço com a granulometria do agregado graúdo ideal para criar o concreto permeável que proporcione a melhor percolação da água. Para isso, serão fabricados quatro corpos de prova com dois tipos de brita diferentes. Ao longo do trabalho serão comparados os resultados encontrados com artigos acerca do tema, além de avaliar a viabilidade da aplicação e especificar as vantagens e desvantagens da utilização do concreto poroso.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O concreto permeável de modo geral pode ser definido como um tipo específico de concreto que pela ausência de componentes miúdos (ex: areia) possui vários vazios interligados em sua estrutura. Estes vazios possibilitam a percolação dos fluidos desde a área de captação até o solo, sendo este um método eficiente de modo a evitar a ocorrência de alagamentos de pequena escala e poças d'água. (ACI, 2006).

Pavimentos permeáveis incluem asfalto e concreto porosos, blocos vazados e uma variedade de outros materiais, que podem ser utilizados em grande parte das superfícies urbanas comunitárias, tais como calçadas, estacionamentos, praças, parques e áreas externas, como vias locais e pequenos acessos. (FERGUSON, 1994).

O cimento Portland, que é utilizado no concreto permeável, é um dos elementos mais importantes da construção civil, pois pertence à classe dos materiais classificados como aglomerantes hidráulicos. Caracteriza-se como um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, o cimento Portland não se decompõe mais (ABCP, 2002).

Os agregados graúdos são os pedregulhos ou a brita proveniente de rochas estáveis ou até a mistura de ambos, esses fragmentos são retidos na peneira com abertura de 4,8mm. (ABNT NBR 7217, 1987)

A água utilizada na produção do concreto tem duas funções principais: reagir quimicamente com as partículas de cimento e controlar a trabalhabilidade (AITCIN, 1995 apud PRADO, 2006).

A quantidade de pedra, areia grossa (quando usada), cimento e água utilizados na confecção do concreto permeável vão variar de acordo com as permeabilidades e resistências desejadas, tendo assim uma menor resistência para aqueles com maior permeabilidade, ou seja, menor quantidade possível de areia grossa usada para a fabricação do traço, e o inverso para um concreto com menor permeabilidade, porém com maior resistência à compressão. (HENDERSON et al., 2009)

O revestimento em concreto permeável usado em pavimentos é constituído por uma base de pedra britada com granulometria descontínua, que serve como reservatório enquanto as águas se infiltram pelo revestimento sendo absorvida pelo solo, caso o mesmo possua um bom índice de permeabilidade como em um solo arenoso. Algumas vezes, podendo até requerer cuidados especiais tais como drenagem, caso o solo possua um baixo índice de permeabilidade, como em um solo siltoso ou argiloso. (HENDERSON et al., 2009)

Os componentes graúdos têm o papel de trazer maior resistência para o concreto e também possibilitam o escoamento da água por meio dos seus vazios (que se formam devido à baixa ou nula quantidade de agregados miúdos). (POLASTRE; SANTOS, 2006.)

## **REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DRENADA PELO CONCRETO PERMEÁVEL**

A conservação e recuperação do meio ambiente não é uma preocupação recente, porém, atualmente tem levado a discussões constantes sobre implementação de medidas amenizadoras aos danos a ele causados. Com relação ao consumo de água, possíveis soluções vêm sendo aplicadas em todo o mundo para fins potáveis e não potáveis, a fim de diminuir os impactos de diferentes origens. As vantagens de métodos ou sistemas de reaproveitamento de água de chuva não se limitam apenas a conservação da água, mas também, ao controle do excesso de escoamento superficial e de cheias urbanas.

Para acrescentar valor a esse meio inovador, está em análise rentabilidade e eficácia da captação de água para fins não potáveis. Neste estudo a captação é realizada através de placas de concreto permeável aplicadas em pequenas, médias e grandes áreas e em diversos segmentos dentro de um loteamento, com a finalidade de drenar e absorver a água em contato seja ela de chuva, limpeza ou vazamentos.

O sistema de captação e reserva destas águas é realizado em paralelo ao sistema hidráulico da residência e não apresenta grandes ameaças financeiras e construtivas, observando-se de uma ótica empreendedora. (QUEIROZ, 2016)

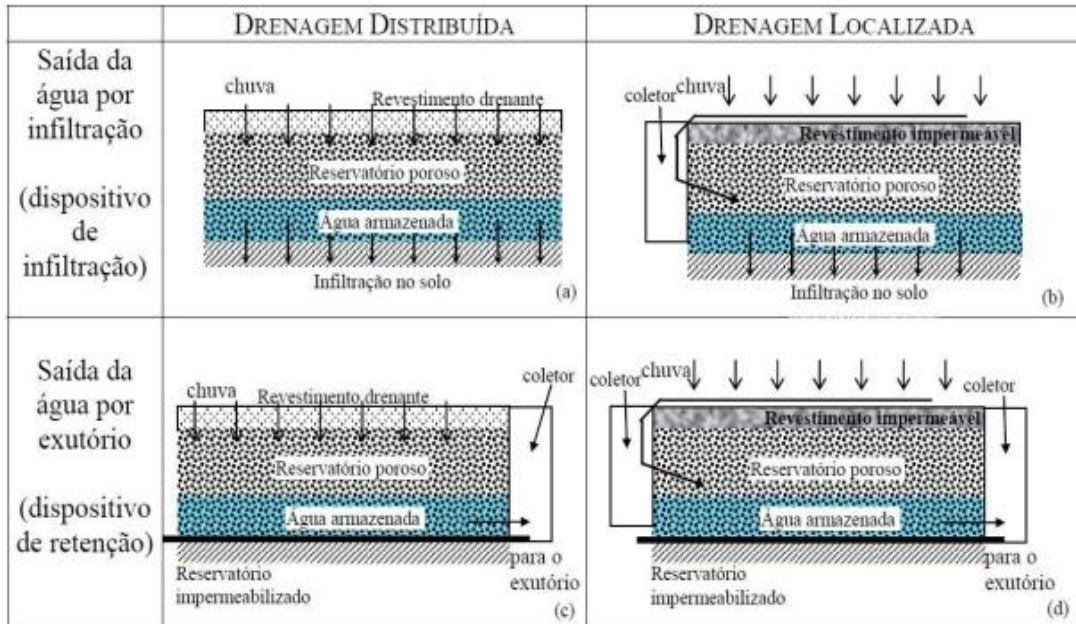
Encontra-se mais de um tipo de reservatório, aqueles que possuem um conduto que logo destina a água para o pluvial da rua, o reservatório de pedras que acumula a água e não permite a penetração no solo com o auxílio de uma manta impermeável e o reservatório de pedras que permite a absorção da água pelo solo. Nos casos em que ocorre o acúmulo de água por meio de reservatório de pedras a capacidade de armazenamento dos pavimentos porosos é determinada pela espessura deste reservatório subterrâneo. (ARAÚJO et al., 2000)

## **SISTEMA DE INFILTRAÇÃO**

Função hidráulica, ligada diretamente à capacidade de percolação e armazenamento temporário (estruturas reservatório) das águas, devido à porosidade dos materiais e vazios que constituem a estrutura da camada, seguida pela drenagem a rede ou diversas utilidades, ou direcionada à infiltração no solo.

Azzout et al. (1994, apud ACIOLI, 2005), definem em quatro os sistemas de funcionamento hidráulico dos pavimentos permeáveis (Figura 1), os quais podem possuir revestimento permeável ou impermeável, função de armazenamento ou infiltração.

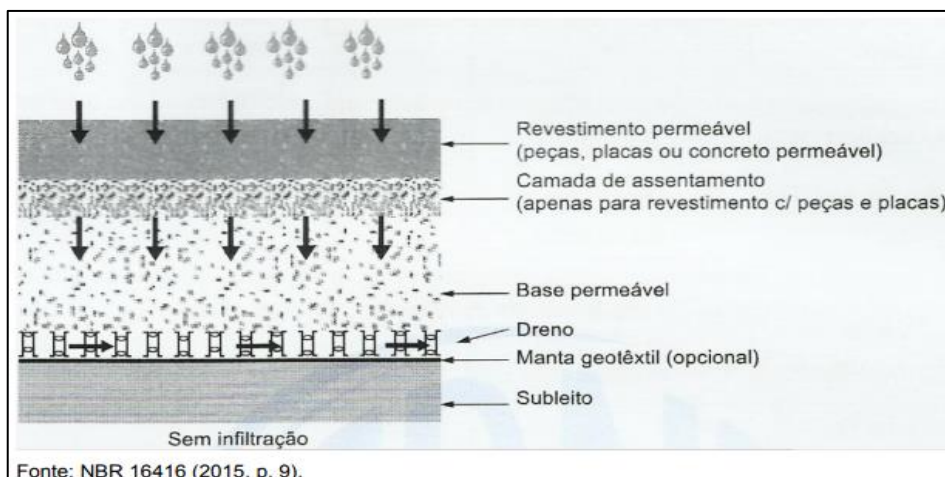
Figura 1 - Diferentes tipos de estruturas reservatórias dos pavimentos



Fonte: Azzout et al. (1994, apud ACIOLI, 2005 p. 11).

Devido a preocupações com contaminação do lençol freático, ou opção de armazenamento no sistema, a estrutura sem infiltração, é para fins diversos, ela retém a água precipitada e remove através de drenos, impedindo o contato e infiltração no solo (Figura 2).

Figura 2 - Estrutura do pavimento permeável sem infiltração



Esse sistema é uma excelente alternativa para se instalar em casas, tanto em benefício do meio ambiente como dos proprietários, onde possibilita um novo destino para a água captada pelo concreto permeável, pois ela pode ser recolhida por tubulações e levada a um reservatório para um tipo de armazenamento através de caixas d'água, permitindo a sua reutilização em diversas áreas, como na limpeza da área externa do ambiente ou na rega dos jardins e assim sucessivamente. Instigando novos estudos para agregar uma metodologia de tratamento eficaz e econômico da água coletada, no propósito de torná-la potável para o consumo dos moradores, e assim, estaria amenizando diversos fatores negativos existentes hoje com o consumo descontrolado e irracional da água.

## **VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO PERMEÁVEL**

Uma grande forma de solucionar problemas de drenagens causadas por águas das chuvas nas cidades grandes é a utilização do concreto permeável, pois, de acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) se trata de uma solução viável para locais de grande retenção de águas visto que a facilitação do concreto apresenta boas vantagens.

Além de ser capaz de absorver a água do solo, o concreto permeável possui outra vantagem que é a boa funcionalidade durante um longo período de uso, geralmente eles podem durar de 20 a 40 anos, entretanto para manter por bastante tempo e sem problemas é necessária limpeza anual para que não ocorra entupimento das porosidades do concreto.

Pelo lado ambiental, o concreto permeável mostra-se um grande companheiro, pois recupera a capacidade de filtração do solo, ajuda na realimentação do aquífero subterrâneo e permite que o solo se torne mais produtivo.

Porém sua resistência é menor devida a sua permeabilidade: quanto maior sua resistência, menor será a sua permeabilidade; o que acaba por se tornar uma desvantagem. Seu custo inicialmente é considerado alto em relação ao concreto convencional e como citado anteriormente sobre o risco de entupimento dos poros, faz com que acabe se tornando outra desvantagem.

O concreto permeável tem enormes propriedades funcionais e específicas e, por isso, o mesmo não substitui o concreto convencional em qualquer tipo de obra, pois ambos possuem vantagens e desvantagens próprias, por isso é preciso conhecer bem o material para a sua melhor utilização.

## MÉTODO

Primeiramente, para a preparação da massa que seria utilizada para fazer o concreto permeável, foi-se utilizado tanto brita um quanto brita zero. Para a primeira, usou-se 5 kg de cimento CP2, 2,5 kg de brita e 1000 ml de água; para a segunda, foram 6 kg de cimento CP2, 3 kg de brita e 1300 ml de água; resultando na proporção 1:2, sendo representados, respectivamente, a brita e o cimento. Quanto à quantidade de água, usou-se o equivalente a 20% do peso do cimento para a brita 1 e 21,66% para a brita 0. Foi utilizado como base para a confecção do concreto poroso a norma NBR 16416/2015 e o vídeo How To Make Pervious Concrete, disponível no Youtube. O traço escolhido foi decidido a partir de sugestões do orientador, que esteve presente durante a produção dos corpos de prova.

Quadro 1 - Relação de materiais utilizados

	Brita 0	Brita 1
Cimento(Kg)	6	5
Brita(Kg)	3	2,5
Água(mL)	1300	1000
Traço	1:2	1:2

Fonte: Próprio autor.

Em relação ao processo, foi utilizada uma betoneira para a mistura, na qual foram colocados pelo grupo primeiro o cimento e a brita e em seguida adicionou-se água aos poucos até chegar ao ponto desejado: em que é possível formar uma esfera com o material sem que está se desfaça, e também observando para que, ao pegar no material, a luva utilizada não fique muito seca, nem muito molhada, mas pigmentada com cimento; requisitos constatados pelos alunos e pelo professor orientador.

Após, retirou-se o conteúdo da betoneira e distribui-o em 2 moldes, como o apresentado na figura 1, previamente untados com óleo mineral, a fim de evitar que o material grudasse e impedisse a retirada do mesmo. Em ambos os moldes foram colocados, aproximadamente, 1885 cm<sup>3</sup> (150 mm de diâmetro e 8 cm de altura) de massa de concreto. Então, após a limpeza da betoneira, repetiu-se o processo de mistura mudando as quantidades de material (de acordo com o que já foi informado anteriormente) e o tipo de brita para que, após misturado, o conteúdo fosse novamente distribuído em outros moldes criando mais dois corpos de prova com 1885 cm<sup>3</sup>. Neste ponto, o material contido nos moldes foi deixado em descanso por vinte e oito dias a fim de garantir o processo de cura do concreto.

Figura 3 - Molde



Fonte: Próprio autor.

Passado o tempo de espera, o grupo realizou os experimentos relacionados à permeabilidade do concreto, buscando saber se a água realmente atravessaria os corpos porosos apresentados na figura 2 e, também, qual brita influenciaria mais na passagem de água do corpo.

Figura 4 - Corpo de prova brita 0



Fonte: Próprio autor.

Figura 5 - Corpo de prova brita 1



Fonte: Próprio autor.

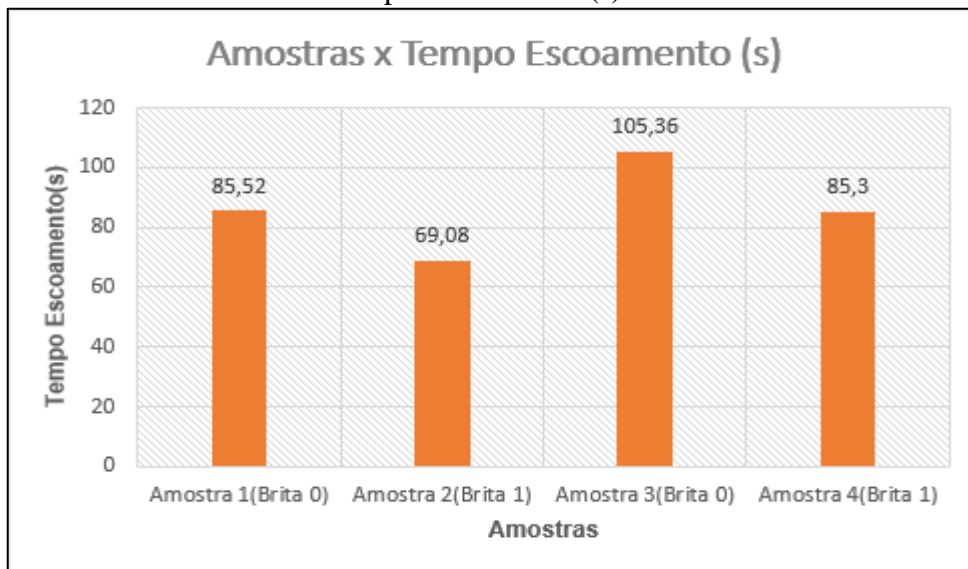
Ao serem testados, foi derramado 1000 ml de água sobre cada um dos corpos a fim de registrar a quantidade de água que ficou na superfície do concreto, a que foi retida pelo concreto e o tempo que levou para que o líquido atravessasse.

## RESULTADOS

Constatou-se que o corpo de prova que utilizou brita 0 em seu material foi o que melhor permitiu a passagem da água, entretanto formou a maior lâmina d'água e também foi o que mais demorou para chegar no escoamento total conforme mostra o gráfico 2, provando, assim, que a brita 1, que formou uma lâmina de apenas 4 mm e demorou somente 69,08 segundos para o total escoamento, pode ser considerada a melhor escolha a ser utilizada na construção de

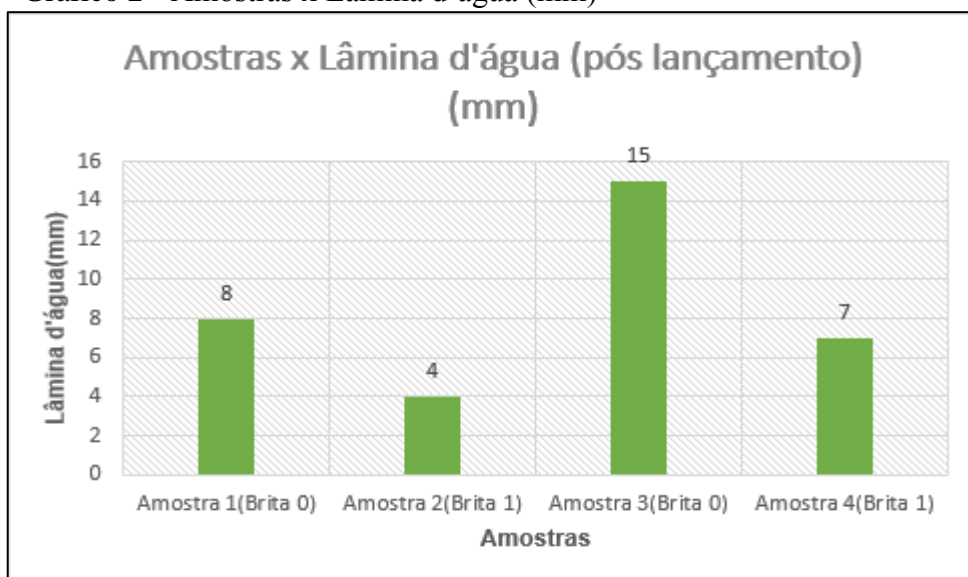
pavimentos que buscam permitir a passagem da água sem comprometer o ambiente com alagamentos e afins.

Gráfico 1 - Amostras x Tempo Escoamento (s)



Fonte: Tabela elaborada pelos autores.

Gráfico 2 - Amostras x Lâmina d'água (mm)

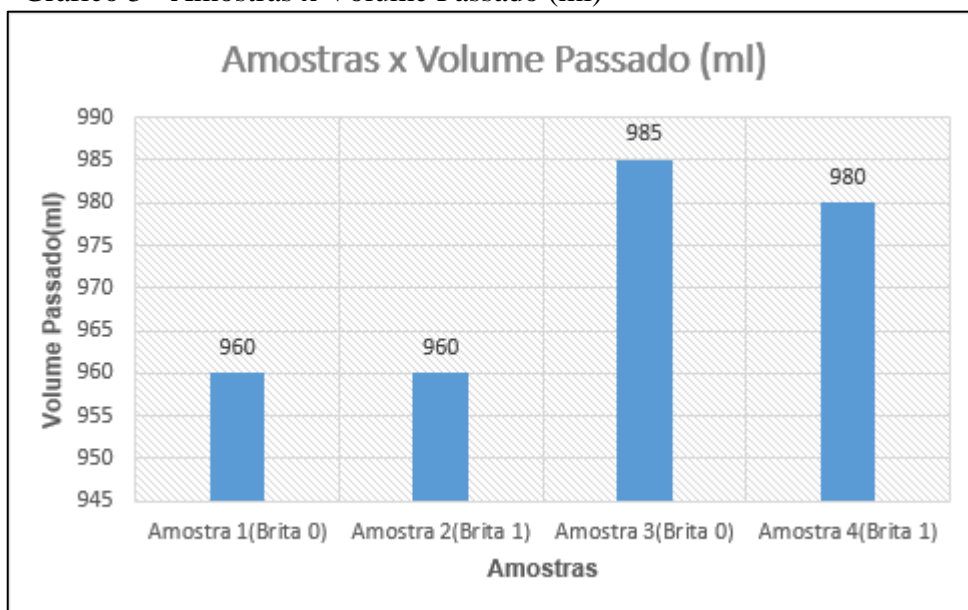


Fonte: Tabela elaborada pelos autores.

O gráfico 3, apresenta o volume de água passante pelo corpo de prova, sendo que os ensaios mostraram nos primeiros testes que os agregados graúdo utilizados com granulometrias diferentes obtiveram o volume de água passado na mesma proporção, já as réplicas mostraram volumes próximos, porém com valores diferentes, sendo que a brita 0 obteve um volume de 985 ml, sendo ele o maior volume obtido dentre as amostras.



Gráfico 3 - Amostras x Volume Passado (ml)



Fonte: Tabela elaborada pelos autores

## DISCUSSÃO

Em um comparativo com artigos encontrados referentes a essa pesquisa, pressupõe-se que há igualdade no objetivo do material estudado, porém há divergências nos detalhes da metodologia e materiais empregados, e não há necessidade de serem levados em consideração tais detalhes, visto que o objeto do estudo é a realização do experimento para obtenção dos dados e o teste da funcionalidade do concreto permeável.

Nos resultados obtidos no experimento, o modo como cada tipo de agregado graúdo respondeu ao uso d'água foi de fácil lógica, a Brita 0 teve uma resposta divergente da Brita 1, e teve seguimento das mesmas diferenças nos outros testes.

O artigo “Estudo experimental do escoamento superficial de Dois pavimentos permeáveis de concreto em função de Chuvas extremas no vale do Taquari/RS” também atingiu resultados com a eficácia que obtivemos acerca do seu concreto permeável, segue a imagem do teste na tabela 1:

Tabela 1 - Coeficiente de permeabilidade – concreto permeável

Concreto permeável								
T1			T2			T3		
t (s)	m (Kg)	K (m/s)	t (s)	m (Kg)	K (m/s)	t (s)	m (Kg)	K (m/s)
8,22	3,6	0,006195	8,27	3,6	0,00618	8,33	3,6	0,006114
23,58	18	0,01079	23,65	18	0,01129	23,74	18	0,01072
25,32	18	0,01005	25,67	18	0,00992	24,17	18	0,01053

Fonte: (MALLMANN, 2017, p. 95).

Também obteve-se padrão e sucesso na permeabilidade do concreto utilizado na experiência. Houve concordância com o padrão das britas em relação à absorção da água assim como no presente artigo desenvolvido.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como principal objetivo a procura do melhor componente graúdo para a composição do concreto poroso, sendo este um material de grande importância para utilização em cidades com volume de chuvas intensos. Após a confecção do corpo de prova foram realizados ensaios que provaram a melhor brita dentre as escolhidas para o teste. Em seguida, foram feitas pesquisas acerca do tema para confirmar as vantagens do concreto permeável, comparando os resultados encontrados com demais artigos sobre o mesmo tema, além de apresentar projetos e aplicações de aproveitamento da água coletada.

Foi possível analisar o tempo de escoamento, volume e a lâmina presentes ao se jogar a água nos corpos de prova, sendo demonstrados em gráficos para uma melhor compreensão. Com os resultados obtidos, e as pesquisas efetuadas, foram cumpridos e realizados todos os objetivos do trabalho, concluindo que a brita 1 é o melhor agregado para o concreto permeável.

---

## IDEAL GRANULOMETRY FOR A PERMEABLE CONCRETE

**ABSTRACT:** The pervious concrete, the one that allows the passage of water through his pores in it´s body, has for it´s base just water, gravel, and cement (excluding the utilization of small aggregate). In this study, the porous concrete (as it is also called) is analyzed since the thought that the aggregate´s size (the gravel) used would affect considerably the result and, then, to obtain informations about it´s viability and, mostly, it´s efficacy, - that this has better efficiency when the gravel 1 is utilized in it´s base, meanwhile the gravel 0 shuts part of the pores, forming a higher water blade for a longer time. However, both types of gravel had shown advantages and disadvantages in common: the low resistance to compression and higher cost in relation to the conventional concrete.

**KEYWORDS:** Pervious concrete. Gravel. Viability. Efficiency

---

## REFERÊNCIAS

ACIOLI, Laura Albuquerque. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte**. 2005, 145 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ARAÚJO, Paulo Roberto; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDEFUM Joel A. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, Revista Brasileira de Recursos Hídricos volume 5 n.3 Jul/Set, 2000.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 522R-06**: Pervious concrete. Farmington Hills, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 16416**: Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento portland**. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 7217**: Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

BATEZINI, Rafael. **Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves**. Ed.rev. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-19072013-155819/pt-br.php>>. Acesso em: 03 Set 2018, 00:27.

FERGUSON, B. K., **Stormwater infiltration**. Boca Raton: Lewis, c1994.

HENDERSON, V.; TIGHE, S. L.; NORRIS, J. **Pervious Concrete Pavement**. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. v. 2095, p. 13-21, Nov. 2009.

HOW TO MAKE PERVIOUS CONCRETE. Pervious Products. **Youtube**. 22 Jan. 2018. 5min19s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=tDbkXphYIw&feature=youtu.be>>. Acesso em: 11 Set. 2018, 16:18.

JAHN, Lucas Claudir. **Influência do tamanho e teor de agregado nas propriedades do concreto permeável**. 63 f. Campo Mourão, 2016. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6883/1/CM\\_COE\\_CI\\_2016\\_1\\_19.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6883/1/CM_COE_CI_2016_1_19.pdf)>. Acesso em: 02 Set 2018, 23:14.

MALLMANN, Marcelo Bortolini. **ESTUDO EXPERIMENTAL DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE DOIS PAVIMENTOS PERMEÁVEIS DE CONCRETO EM FUNÇÃO DE CHUVAS EXTREMAS NO VALE DO TAQUARI/RS**. Centro Universitário Univates, Lajeado, 2017.

PRADO, L.A., **Módulo de deformação estático do concreto de Baixa e alta relação a/c pelo método ultra-sônico**, 2006, 226p. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) –Escola de Engenharia Civil-Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

POLASTRE, B.; SANTOS, L.D. **Concreto Permeável**. Novembro de 2006, Universidade de São Paulo. Disponível em: <[http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq\\_urbanismo/Trabalhos\\_Finais\\_2006/Concreto\\_Permeavel.pdf](http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/Trabalhos_Finais_2006/Concreto_Permeavel.pdf)>. Acesso em: 11 Set 2018, 17:23.

QUEIROZ, D. C.; **Manejo De Águas Pluviais Urbanas: Viabilidade de implementação e utilização de placa de concreto permeável na drenagem e captação de água pluvial para fins não potáveis em loteamentos residenciais**. XIII Congresso Nacional De Meio Ambiente De Poços De Caldas - Governador Valadares/MG. Setembro 2016.