



## I Encontro Regional de Estudos Agroambientais

Responsabilidade Socioambiental da Pesquisa Científica

03 a 05 de dezembro de 2018, Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Alagoas

### **Pavimento permeável: Funcionalidade e aplicabilidade em rede de drenagem**

Josemildo Verçosa de Araújo Júnior<sup>1</sup>, Matheus Bruno da Silva<sup>1</sup>, Romário Guimarães Verçosa de Araújo<sup>2</sup>, Flávio Ruan dos Santos Rocha Nascimento<sup>1</sup>, Lucas de Souza Araújo<sup>1</sup>, Suellen Viviane Gonçalves de Carvalho<sup>1</sup>, Renilda Correia de Oliveira<sup>1</sup>, Larisse Araújo de Abreu<sup>2</sup>, Gessyca Thays dos Santos Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Tecnologia de Alagoas, FAT, Maceió-AL, josemildo\_j@hotmail.com; matheus.bruno.ds@hotmail.com; ruan1452@gmail.com; renildacorreia@fat-al.edu.br;

<sup>2</sup>Laboratório de Ecologia e Comportamento de Insetos, CECA, UFAL, Maceió-AL, romariorgva@hotmail.com; larisse01@hotmail.com; thays\_182010@hotmail.com

**Resumo:** O crescimento contínuo da urbanização tem causado um impacto significativo nas grandes cidades, pois com aumento populacional há também a maior demanda de novas vias, ruas e moradias. A desatenção no planejamento urbanístico acarretou em áreas com mal uso de drenagem e até sua ausência, causando inundações pelas precipitações, porém a dificuldade na recuperação da qualidade de drenagem. Uma solução viável é o uso de pavimento de concreto permeável, onde visa o acréscimo de infiltração e o retardo do escoamento pela alta porosidade deste concreto, aliviando consideravelmente as redes de drenagem urbanas. O presente trabalho consiste em avaliar os dados de uma mesma proporção de cimento/agregado e diferentes fatores água/cimento, sendo analisados fatores água/cimento de 0.24, 0.26, 0.28 e 0.30, sendo estudado sua resistência à compressão, absorção por imersão e índices de vazios, executados "in loco" e em laboratório para saber sua eficiência e segurança. Nesta pesquisa, o pavimento permeável obteve uma maior resistência à compressão quando utilizado um fator a/c de 0.30, resistindo a 8,81 Mpa, adquirindo resultados satisfatório em todos os ensaios. O estudo também contou com análise de custo, onde foi comparado o custo do pavimento permeável com o de pavimento intertravado com a verificação do tempo de execução, demonstrando sua funcionalidade para solução de engenharia em infraestrutura de forma simplista.

**Palavras-chave:** Pavimento permeável; Funcionalidade; escoamento superficial

### **Permeable flooring: Functionality and applicability in drainage network**

**Abstract:** The continuous growth of urbanization has caused a significant impact in the big cities, because with population increase there is also the greater demand of new roads, streets and houses. Inattention in urban planning led to areas with poor use of drainage and even absence, causing flooding by rainfall, but the difficulty in recovering the quality of drainage. A feasible solution is the use of permeable concrete pavement, where it aims to increase infiltration and the delay of the flow through the high porosity of this concrete, considerably relieving urban drainage networks. The present work consists in evaluating the data of the same proportion of cement/aggregate and different water/cement factors, being analyzed water/cement factors of 0.24, 0.26, 0.28 and 0.30, being studied its resistance to compression, immersion absorption and indices of voids, executed "in loco" and in laboratory to know their efficiency and safety. In this research, the permeable floor obtained a higher resistance to compression when using an a/c factor of 0.30, resisting to 8.81 MPa, obtaining satisfactory results in all the tests. The study also included cost analysis, comparing the cost of the permeable pavement with the interlocking pavement with the execution time verification, demonstrating its functionality for infrastructure engineering solution in a simplistic way.

**Keywords:** Permeable Floor; Functionality; Surface runoff.



## I Encontro Regional de Estudos Agroambientais

Responsabilidade Socioambiental da Pesquisa Científica

03 a 05 de dezembro de 2018, Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Alagoas

### INTRODUÇÃO

A impermeabilização em grande escala tem diminuído o abastecimento do lençol freático e isto é um dano ao meio ambiente, podendo ocasionar mudança do ciclo hidrológico do local. Durante as precipitações em centro de cidades onde não há, na maioria das vezes, a predominância de áreas abertas.

Em áreas urbanas onde o uso de pavimentos é impermeável na maioria das vezes, rapidamente geram formação de volume superficial de água, onde esse volume é colhido pelo sistema de drenagem urbana até a sua destinação final. É visto que, na falta de manutenção ou dimensionamento não previsto, o volume de água demandado para o sistema de drenagem no local é saturado, ocasionando as inundações, principalmente em regiões baixas.

Em áreas urbanas onde a condição de superfície é impermeável, a qualidade de água pode ser alterada devido à presença de sedimentos e/ou poluentes que ficam depositados sobre a superfície e são transportadas pelo escoamento oriundo das precipitações aos corpos d'água. Outros problemas, como erosão e assoreamento de rios, também podem ser causados, em parte pela impermeabilização das superfícies, que gera escoamento com maior volume do que o escoamento em superfícies naturais (ESTEVES, 2006). Nos pavimentos convencionais durante uma chuva rapidamente há formação de escoamento superficial de água (ABCP, 2018). É comum encontrar um grande acúmulo de água em locais abertos como em estacionamentos pavimentados, causando desconforto aos usuários como demonstrado na imagem a seguir.

O concreto poroso, conhecido como concreto permeável ou *porous concrete* (POC), é um tipo especial de

concreto destinado, principalmente para pavimentação bastante utilizado nos Estados Unidos e Europa, é composto por cimento Portland, materiais de gradação aberta, agregado graúdo, pouco ou nenhum fino, aditivos e água (FERGUSON, 2005).

Em sua aplicação em pavimentação externa, captura o volume das águas precipitadas aliviando a drenagem local. Normalmente obtém um índice de 15 a 25% de vazios e um escoamento de água da ordem de 200L/m<sup>2</sup>/min (ACI, 2006) e como consequência, abastecendo os aquíferos subterrâneos. A utilização de pavimentos permeáveis contribui para a diminuição do escoamento superficial e para problemas de inundações urbanas (ABCP, 2018). A superfície de infiltração do pavimento poroso deve ter condutividade hidráulica maior que a intensidade de chuva. É visto que o desenvolvimento de área urbana tem causado impactos nos processos hidrológicos, devido ao aumento de superfícies impermeáveis.

### MATERIAL E MÉTODOS

Para realização dos ensaios de propriedades mecânicas, índice de vazios, permeabilidade e absorção de água por imersão foram utilizados corpos de provas cilíndricos de 10x20 cm. Sendo estudadas no total 16 amostras, 4 amostras para cada fator água/cimento (a/c), sendo de 0.24, 0.26, 0.28 e 0.30, adotando uma mesma proporção de cimento/agregado de 1:4 em todas as relações. Em toda produção do concreto permeável foram utilizadas britas com diâmetro de 4,75mm (brita 0) sem nenhuma adição de agregado miúdo, visto que em todas as etapas de



## I Encontro Regional de Estudos Agroambientais

### Responsabilidade Socioambiental da Pesquisa Científica

03 a 05 de dezembro de 2018, Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Alagoas

execução foi adicionado 1% de aditivo plastificante para facilitar a trabalhabilidade do concreto. Aditivos são substâncias acrescentadas ao concreto para melhorar suas propriedades como resistência mecânica e durabilidade. Aditivos químicos geralmente são encontrados na forma líquida e são adicionados ao concreto em pequenas quantidades (FERGUSON, 2005). Na análise de custo, foi executado toda a estrutura do pavimento permeável comparando o custo de 1m<sup>2</sup> deste pavimento no modelo do trabalho presente com pavimento intertravado devido a sua semelhança de aplicabilidade, porém no custo e tempo do pavimento intertravado o custo do m<sup>2</sup> e o tempo de execução foram obtidos através do software de Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe. Sendo considerado na análise o custo de materiais e tempo de execução.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os agregados, oriundos do processo industrial, as chamadas britas, usadas nos ensaios, foram de modelo brita 0 de granulometria de 4,75 mm para todos ensaios, sendo seu diâmetro dentro do especificado por Norma, segundo a NBR 7211/05, utilizando-se diâmetro uniforme para melhor desempenho do produto. O cimento utilizado para o concreto foi CP II Z – 32, que é um cimento Portland facilmente encontrado na região de Alagoas.

Logo foram estabelecidos e produzidos concretos para um fator água/cimento (a/c) de 0,24, 0,26, 0,28 e 0,30, utilizando uma mesma proporção de cimento/agregado de 1:4 sendo conhecido como “traço” e aditivo plastificante numa mesma proporção para todos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo da Distribuição dos Ensaios Executados.

Unidade	Cp	Traço	A/C	Aditivo
E1	1	1:4	0,24	1%
E1	2	1:4	0,24	1%
E1	3	1:4	0,24	1%
E1	4	1:4	0,24	1%
E2	5	1:4	0,26	1%
E2	6	1:4	0,26	1%
E2	7	1:4	0,26	1%
E2	8	1:4	0,26	1%
E3	9	1:4	0,28	1%
E3	10	1:4	0,28	1%
E3	11	1:4	0,28	1%
E3	12	1:4	0,28	1%
E4	13	1:4	0,30	1%

O procedimento de abatimento do tronco de cone foi seguido conforme a NM 67/98. Em todas as proporções de a/c, foram considerados desmorrados. Com isto, sabemos que o concreto não é plástico e/ou coeso, sendo assim, não será avaliado por este ensaio. Portanto, com a ocorrência de desmorramento em todos os fatores a/c, é pertinente a desconsideração.

O ensaio de compressão simples foi realizado seguindo a orientação da NBR 5739/07. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Dados das Resistências a Compressão.

Unidade	A/C	Resistência (Mpa)
E1	0,24	7,31
E2	0,26	7,20
E3	0,28	7,33
E4	0,30	8,10

A Tabela 3 mostra os resultados de índice de vazios obtidos. É possível notar uma pequena diminuição na porcentagem de vazios conforme a mudança do fator a/c. Com a



## I Encontro Regional de Estudos Agroambientais

Responsabilidade Socioambiental da Pesquisa Científica

03 a 05 de dezembro de 2018, Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Alagoas

finalização da determinação do índice de vazios, as amostras foram ensaiadas para avaliar a absorção de água por imersão. Dados apresentados a seguir na Tabela 4.

**Tabela 3.** Dados de Índice Vazios.

Unidade	A/C	Índices de vazios (%)
E1	0,24	15,107
E2	0,26	15,094
E3	0,28	15,058
E4	0,30	15,028

**Tabela 4.** Dados de Absorção de Água por Imersão.

Unidade	A/C	Absorção
E1	0,24	7,39
E2	0,26	7,12
E3	0,28	5,10
E4	0,30	5,12

Não foram produzidos ensaios para determinar sua eficiência de permeabilidade, porém é notória a infiltração direta da amostra como apresentado na imagem a seguir. É visto a infiltração direta na amostra apresentada na Figura 1. Parte da água é absorvida enquanto a outra parcela sai pela base inferior da amostra, demonstrando assim seu mecanismo e eficiência de permeabilidade.

A análise de custo deu-se em comparar o custo de materiais e o tempo de execução do pavimento permeável e pavimento intertravado pelo fato deste pavimento possuir as mesmas aplicabilidades dos permeáveis.

Foi executado 1m<sup>2</sup> em uma estrutura completa do pavimento permeável com auxílio de duas pessoas para o procedimento, considerando o pavimento permeável com altura de 10 cm com brita 0, camada de assentamento com altura de 8cm com brita 1 e o revestimento poroso com altura de 15 cm com brita 3, não sendo considerado nenhum modelo de dimensionamento para as camadas e sim alturas médias obtidas através de estudos anteriores. O pavimento permeável obteve um custo total de materiais de R\$ 28,37 e um tempo médio de execução de 35 minutos. Já no pavimento intertravado, de acordo com a planilha de orçamento de 2017 fornecida pelo ORSE, o custo total de materiais é de R\$42,61 e um tempo médio de execução de 36 minutos considerando o calceteiro e o ajudante. Em nenhum momento foi considerado o valor de mão de obra pois o intuito é visado ao gasto de materiais e o tempo estimado da conclusão do produto, porém deixa claro sua viabilidade na infraestrutura.



**Figura 1.** Infiltração Direta da Amostra Porosa. Foto: Autores, 2018.

O pavimento permeável estudado no trabalho apresentou maior resistência à compressão quando utilizado um fator a/c de 0,3 em um traço de 1:4, obtendo um resultado de 8,81 Mpa. Em relação ao índice de vazios, em todas as relações a/c os



## I Encontro Regional de Estudos Agroambientais

Responsabilidade Socioambiental da Pesquisa Científica

03 a 05 de dezembro de 2018, Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Alagoas

resultados adquiriram valores aceitáveis de acordo com a norma americana ACI 522R-10 (2006). Já nos testes de absorção de água por imersão é possível notar uma diminuição de absorção conforme o aumento da relação a/c, onde o valor vai se estabilizando ao se aproximar do fator a/c ideal.

Na análise de custo o pavimento permeável obteve um custo de materiais 33,41% mais barato que o intertravado em um tempo menor de execução.

### CONCLUSÕES

O presente trabalho descreve bem a funcionalidade e viabilidade do pavimento permeável em locais de pouco tráfego, sendo possível concluir a sua eficiência em reduzir os riscos de inundações contribuindo na drenagem urbana. A estrutura simplista adotada no estudo é a mais comum entre o modelo de pavimentação permeável de infiltração direta, sendo viável economicamente pelo baixo custo e por reduzir os custos diretos e indiretos em projetos, com resistências aceitáveis.

### REFERÊNCIAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **Sistemas construtivos de pavimentos permeáveis.** Disponível em: <<https://docplayer.com.br/175877-Melhores-praticas-pavimento-intertravado-permeavel.html>> Acesso em: 13 de novembro de 2018.

AZAÑEDO, W. H. M.; HELARD, C. H.; MUÑOZ, R. G. V. **Diseño de mezcla de concreto poroso con agregados de la cantera La Victoria, cemento pórtland tipo i con adición de tiras de plástico, y su aplicación en pavimentos rígidos, en la Ciudad de Cajamarca,** Universidade Nacional de Cajamarca, 2007.

ESTEVES, R. L. **Quantificação das superfícies Impermeáveis em Áreas Urbanas por Meio de Sensoriamento Remoto.** 2006, 120p. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

FERGUSON, B. K. **Porous pavements.** 1ª ed. Boca Raton: CRC Press, 2005.

NBR NM 67 – **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

NBR 5738 – **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, 2003.

NBR 5739 – **Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.

NBR 9778 – **Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica.** Rio de Janeiro, 1987.

NBR 9779 – **Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade.** Rio de Janeiro, 1995.

NBR 9781 – **Peças de concreto para pavimentação.** Rio de Janeiro, 2013.

NBR 13292 – **Determinação do coeficiente de solos granulares à carga constante.** Rio de Janeiro, 1995.

NBR 16416 – **Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos.** Rio de Janeiro -RJ. 2015.