

COMPARAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL GERADO POR PAVIMENTOS PERMEÁVEIS EM BLOCO DE CONCRETO VAZADO, BLOCO DE CONCRETO INTERTRAVADO E PARALELEPÍPEDO.

*Nayara Adriana Silva Rocha¹
Wilian Oliveira Timoteo¹
Joãozito Cabral Amorim Junior²*

RESUMO

Para amortecer as vazões de pico e atenuar os efeitos causados pelas chuvas em áreas densamente urbanizadas a adoção de pavimentos permeáveis tem se tornado cada vez mais necessária como medida compensatória. As estruturas que compõem o sistema de drenagem possuem grande importância contra a crescente ocorrência de enchentes e inundações nas cidades brasileiras, onde apresenta em algumas cidades um sistema que não é capaz de suprir as demandas impostas pelo modelo urbano de drenagem interferindo no ciclo hidrológico e aumentando os volumes de escoamento superficial. A drenagem urbana tem sido desenvolvida com o princípio de drenar a água das precipitações o mais rápido possível para jusante. O objetivo principal foi comparar o escoamento superficial gerado por dois tipos de pavimento permeável: pavimento em blocos de concreto e bloco de concreto vazado e do pavimento semi-permeável: paralelepípedo. Primeiramente é exibido um breve resumo, onde abordamos as principais dificuldades, causas, problemas, vantagens e desvantagens de cada tipo de pavimento. Paralelamente é apresentada informações do ciclo hidrológico do local abordado aonde foi efetuada a pesquisa, e em seguida foi feito testes no método in situ, o trabalho mostrará a eficiência de cada pavimento e aonde ele poderia ser empregado para assim atingir a eficiência máxima de escoamento.

Palavras-chave: Asfalto Poroso. Drenagem Urbana. Escoamento Superficial. Pavimentos Permeáveis.

¹ Acadêmico de Engenharia Civil da Faculdade Capixaba da Serra – MULTIVIX

² Orientador do projeto de pesquisa. Docente da Faculdade Capixaba da Serra – MULTIVIX

COMPARISON OF SURFACE FLOOD GENERATED BY PERMEABLE PAVEMENTS IN PULLEY CONCRETE BLOCK, BLOCK OF CONCRETE INTERRUPTED AND PARALLELEPIPED.

ABSTRACT

To cushion peak flows and mitigate the effects of rainfall on densely urbanized areas the adoption of permeable has become increasingly necessary as a compensatory measure. The structures that make up the drainage system are of great importance against the growing occurrence of flood in Brazilian cities, where it presents in some cities a system that is not capable to supply the demands imposed by the urban drainage model interfering with the hydrological cycle and increasing the volumes of superficial flow. The urban drainage system has been developed with the principle of draining water from precipitation as fast as possible to the downstream. The main objective was to compare the surface runoff generated by two types of pavement: concrete block pavement and cast concrete block and semi- permeable floor: paralelepiped. First and a summary, where we address the main difficulties, causes, problems, advantages and disadvantages of each type of pavement. In parallel and presenting information on the hydrological cycle of the site covered where it was carried out the research, and then the *in situ* method was done, the work will show the efficiency of each floor and where it could be employed to achieve maximum flow efficiency.

Keywords: Porous Asphalt. Urban Drainage. Surface runoff. Permeable Flooring.

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização acelerado, produziu impactos significativos sobre a qualidade de vida. Resultando no aumento de enchentes urbanas e a degradação da qualidade das águas pluviais, como não é possível reverter essa situação foi criado o asfalto poroso, cujo possui o objetivo de retardada 50% o destino final da água (MARTINS, 2012).

Segundo (SILVEIRA e TUCCI, 1997), o ciclo hidrológico e o fenômeno global de circulação da água entre a superfície da terra, impulsionando por efeito da gravidade e a rotação da terra. Ming (2010) observa que ao longo dos anos a regionalização tem recebido aumento da atenção da comunidade de hidrólogos.

De acordo com Gonzalez e Valdez (2008), Baena (2002), Coser (2003), Dinpashoba et al. (2004), Elesbon (2004), Pearson (1991) e Euclides et al. (2001) que

constituem exemplos da aplicação técnica para descrição do comportamento de diferentes fases do ciclo hidrológico. Baseando-se a relação à engenharia e o ciclo hidrológico, o escoamento superficial é uma das fases mais importantes.

O escoamento superficial é a fase do ciclo hidrológico que trata do conjunto das águas que, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e rotação da terra. O estudo do escoamento superficial engloba, portanto, desde a simples chuva que cai sobre o solo, permeável ou impermeável, e escorre superficialmente, até o grande curso de água que se despeja no mar (BUREAU,1953).

Os concretos asfálticos, no geral, em nosso país, são entendidos como misturas asfálticas elaboradas a quente, compostas por material britado, fíler e por cimento asfáltico de petróleo puro ou modificado (BALBO, 2007).

Camada porosa de atrito ou revestimento asfáltico, são misturas asfálticas abertas do tipo CPA – camada porosa de atrito – que mantêm uma grande porcentagem de vazios com ar não preenchidos através das pequenas quantidades de fíler, de agregado miúdo e de ligante asfáltico. Essas misturas asfálticas a quente possuem normalmente entre 18 e 25% de vazios com ar (DNER-ES 386/99).

O pavimento permeável também serve para captar e acumular água em cisternas é uma solução ideal para aproveitamento de água potável (com os certos tratamentos) e água não potável, que é uma saída para uma solução de escassez de água, que podem ser amplamente utilizados em condomínios, loteamentos, edifícios (PINTO, 2010).

Diante a situação atual, onde as chuvas exigem muito de um sistema de drenagem eficaz, sistema de drenagem esse que vem às vezes a falhar devido à má conduta dos seres humanos na poluição das ruas entupindo bueiros. Segundo (VIRGILIIS, 2009), o pavimento permeável seria uma solução de drenagem, evitar aquaplanagem, ilhas de calor entre outros, ajuda em vários aspectos tanto ecológico quanto em segurança.

Neste contexto o objetivo deste trabalho, consiste em um conjunto de soluções sustentáveis para recapeamento de áreas com grandes índices de alagamentos, analisando o escoamento superficial gerado por diferentes tipos de pavimentos e também analisando o desempenho hidráulico com relação á eficiência do pavimento permeável, comprovada pelo escoamento superficial e do armazenamento temporário da chuva.

METODOLOGIA

Área de Estudo

Foi realizada as análises de escoamento superficial da água, no bairro Morada de Laranjeiras, localizado no Município da Serra, no Estado do Espírito Santo, com uma area total de 2,31km², os motivos que levaram a escolha do local foram o fácil acesso ao local e a facilidade do monitoramento por ser uma área pequena, conforme mostrado na Figura 1.

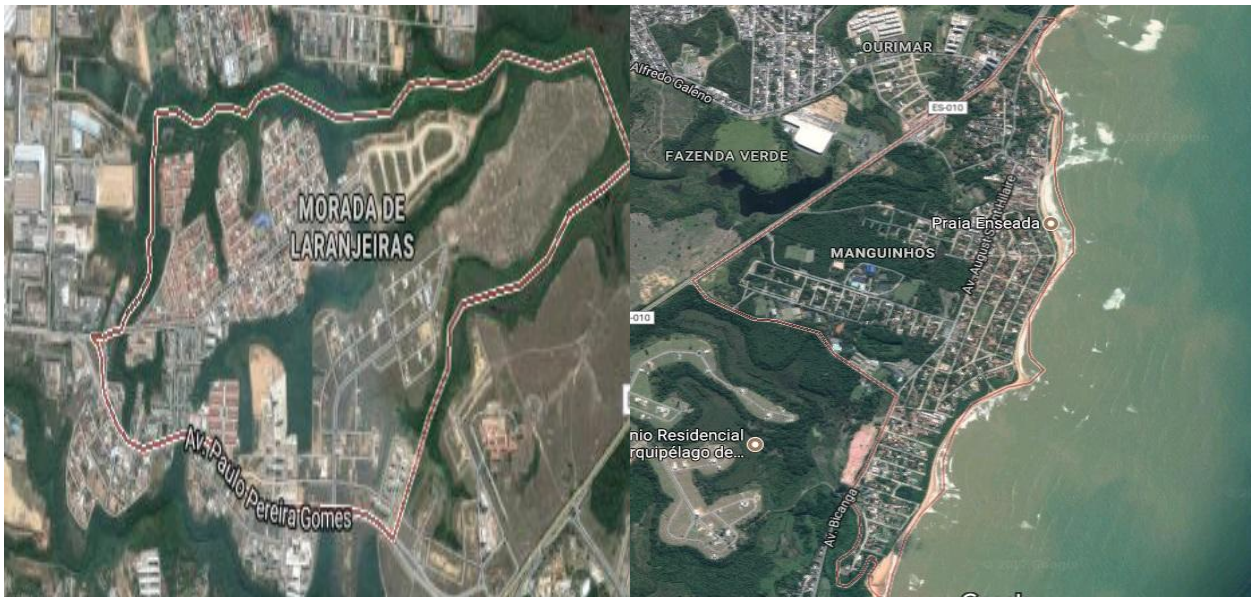


Figura 1 – Localização destacada em vermelho (morada de laranjeiras e manguinhos), onde foram realizadas as análises de escoamento superficial da água.

Fonte: GOOGLE MAPS, 2017

Informações Hidrológicas

De acordo com a Região Bioclimática do Estado do Espírito Santo, o município da Serra fica na região Grande Vitória. A temperatura média varia entre 30,0°C a 31,5°C e a precipitação anual fica entre 800mm a 2100mm, com dados baseados entre os anos de 2007 a 2015 (INCAPER, 2016).

A Agência tem o objetivo de desempenhar ações de regulação, apoio à gestão, monitoramento e planejamento dos recursos hídricos, além de desenvolver programas e projetos e oferecer um conjunto de Informações, ou seja, estimular a adequada gestão e o uso racional e sustentável dos recursos hídricos (ANA, 2017).

Obtenção da Equação de Chuvas Intensas

O conhecimento do comportamento dos picos das chuvas em diferentes regiões do Brasil, assim como de outros países, torna-se importante no projeto e planejamento do sistema de drenagem urbana. A intensidade máxima pontual pode ser determinada através das relações Intensidade – Duração - Frequência – IDF das chuvas. Essas relações são obtidas através de uma série de dados de chuvas intensas, suficientemente longas e representativas do local do projeto.

Para a determinação de equações de chuvas intensas, etapa preliminar para a posterior aplicação de modelos chuva-vazão, são empregados os métodos de Bell (BELL, 1969) e de Chow-Gumbel (GARCEZ, 1967). Para obter os coeficientes da equação geral, e dada conforme Equação 1 :

$$i = \frac{KTr^a}{(t+b)^c} \quad (1)$$

Onde: i = Intensidade de precipitação (mm/h); Tr = Período de retorno (anos); t = Tempo de duração da chuva (min); K , a , b , c = Parâmetros adimensionais relativos à localidade.

Determinação da Equação de Vazão Máxima

O escoamento é a fase que trata da ocorrência e transporte da água na superfície terrestre, que abrange desde o excesso de precipitação que ocorre depois de uma chuva intensa até o escoamento de um rio. Existem várias equações para estimar esta vazão, sendo muito conhecido o uso do método racional (Mulaney, 1851). Seu uso é limitado a pequenas áreas ($\leq 2\text{km}^2$).

A equação racional estima a vazão máxima de escoamento de uma determinada área sujeita a uma intensidade máxima de precipitação, com um determinado tempo de concentração. A vazão máxima pode ser achada através da expressão matemática, conforme Equação 2:

$$Q_{smax} = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2)$$

Onde: Q_{smax} = Vazão máxima esperada (m^3/s); C = Coeficiente da enxurrada da área; I = Intensidade da precipitação máxima esperada (mm/h); A = área de captação do ponto de dimensionamento (km^2).

Obtenção da Equação de Coeficiente de Deflúvio

O Método Racional é largamente utilizado na determinação da vazão máxima para bacias pequenas ($\leq 2\text{km}^2$). Para aplicações em recursos hídricos e previsão climática, entre eles Firmino, et al (2009), Martins (1992); Silva e Castro (2006). Considera a duração da precipitação intensa de projeto igual ao tempo de concentração. Ao considerar esta igualdade admite-se que a bacia é suficientemente pequena para esta precipitação ocorra, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade.

Em bacias pequenas, as condições mais críticas ocorrem devido a precipitações convectivas que possuem pequena duração e grande intensidade; adota um coeficiente único de perdas, denominado C, estimado com base nas características

da bacia; não avalia o volume da cheia e a distribuição espacial de vazões, conforme Equação 3:

$$C = \frac{V_i}{V_e} \quad (3)$$

Onde: C = Coeficiente de escoamento superficial; V_i = Volume escoado (m^3); V_e = Volume precipitado (m^3).

O Coeficiente de Escoamento Superficial, ou Runoff (C) está diretamente relacionado ao uso do solo, e, conseqüentemente, à área impermeabilizada. Ele representa a parcela da precipitação total que é convertida em escoamento superficial, através de uma constante adimensional de valor entre 0 e 1, em que, em um ambiente ideal totalmente permeável o valor se aproxima de zero, enquanto em uma área totalmente impermeável C fica próximo de 1,0.

Em áreas urbanas, é geralmente determinado em função das várias superfícies ali encontradas. Araujo et al. (2000) apresenta os seguintes valores para os coeficientes de escoamento superficial em áreas urbanas (C), conforme Quadro 1.

Superfície	Coeficiente de Escoamento Superficial
Solo Compactado	0,66
Concreto	0,95
Blocos de Concreto	0,78
Paralelepipedo	0,60
Concreto Poroso	0,005
Blocos Vazados	0,03

Quadro 1 – Coeficiente de escoamento das superfícies estudadas
Extraído: (Araujo et al., 2000)

Coeficiente de Permeabilidade para Pavimento Permeável

Para os revestimentos dos pavimentos permeáveis, o parâmetro que permite avaliar corretamente seu desempenho, tanto para o dimensionamento quanto para acompanhamento durante a vida útil, o coeficiente de permeabilidade (K), utilizando um permeâmetro de carga variável, irá utilizar-se a expressão matemática, conforme Equação 4:

$$k = 2,3 \frac{A_1 \cdot L}{A_2 \cdot T} \log \left(\frac{H_i}{H_f} \right) \quad (4)$$

Onde: K= coeficiente de permeabilidade (cm/s); A_1 = área interna do tubo de carga (cm²); A_2 = área da secção do corpo de prova (cm²); L= altura do corpo de prova (cm); T= tempo decorrido para a água percolar no corpo de prova, na variação de carga (s) ; h_i = altura da carga no instante final (cm) e h_f = altura da carga no instante final (cm).

Método de Ensaio de Permeabilidade *In Situ*

Para a determinação do coeficiente de permeabilidade de pavimento permeável já executado, utilizou-se o método de ensaio descrito pela Norma Internacional ASTM C1701 – *Standard Test Method for Infiltration Rate of in Place Pervious Concrete* (MARCHIONI e SILVA, 2011), recentemente incorporado à NBR 16416 – Pavimentos Permeáveis de Concreto (ABNT, 2015).

Apesar de esta norma ser específica para peças de concreto permeável, a utilização é justificável para este trabalho por não existir norma brasileira para determinado fim, sendo que, já se realizaram estudos parecidos com este, como o de (JABUR 2013), que verificou a infiltração em asfalto poroso e em blocos de concreto vazados.

O método consiste em utilizar um cilindro com diâmetro de 20 cm e altura mínima de 30 cm e posicioná-lo na superfície do pavimento. As bordas do cilindro devem ser vedadas com silicone de modo a evitar a perda de água, conforme Figura 2.



Figura 2: Cilindro instalado para o teste de infiltração
Fonte: Autor (2017)

Na realização do teste foram utilizados os seguintes materiais: cilindro aberto em ambas às extremidades com 20 cm de diâmetro interno, recipiente graduado 3,6L, balde, cronômetro, silicone para vedação do cilindro e água.

Seguindo os procedimentos recomendados, primeiramente foi efetuada a limpeza e varrição do revestimento para a retirada de sedimentos depositados e não aderidos à superfície. Sequencialmente, posicionou-se o tudo cilíndrico e foi feita a vedação da área de contato com o pavimento aplicando-se silicone, para não permitir vazamentos. Com o dispositivo devidamente instalado, foi realizado a pré-molhagem, despejando-se 3,6L de água no cilindro e cronometrando-se o tempo necessário para que toda a água infiltrasse. Isto é feito para que o solo seja saturado. Se o tempo da pré-molhagem for inferior a 30 s, utiliza-se 18L de água no ensaio, ou novamente 3,6L se o tempo de pré-molhagem for superior a 30s.

Vale mencionar que durante o ensaio, buscou-se manter um fluxo constante ao adicionar a água, tentando manter uma altura de lâmina da água de 10 a 15 mm dentro do cilindro para garantir a correta execução do procedimento. O coeficiente de permeabilidade é obtido através da Lei de Darcy, conforme Equação (5):

$$k = \frac{c \cdot m}{d^2 \cdot T} \quad (5)$$

Onde: K= coeficiente de permeabilidade (mm/h); c= fator de conversão de unidades do sistema SI, com valor igual a 4 583 666 000; m= massa de água infiltrada (kg); d= diâmetro interno do cilindro para toda a água percolar (mm); t= tempo necessário para toda a água percolar (s).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Obtenção da Equação de Chuvas Intensas

Foram calculadas através da Equação 1 a chuva intensa utilizados para os ensaios realizados no município da Serra, conforme a Figura 3, mostra a interface do aplicativo, onde se obtém os resultados através da latitude e longitude da localidade, para a determinação dos coeficientes, foi utilizado o software Plúvio 2.1,

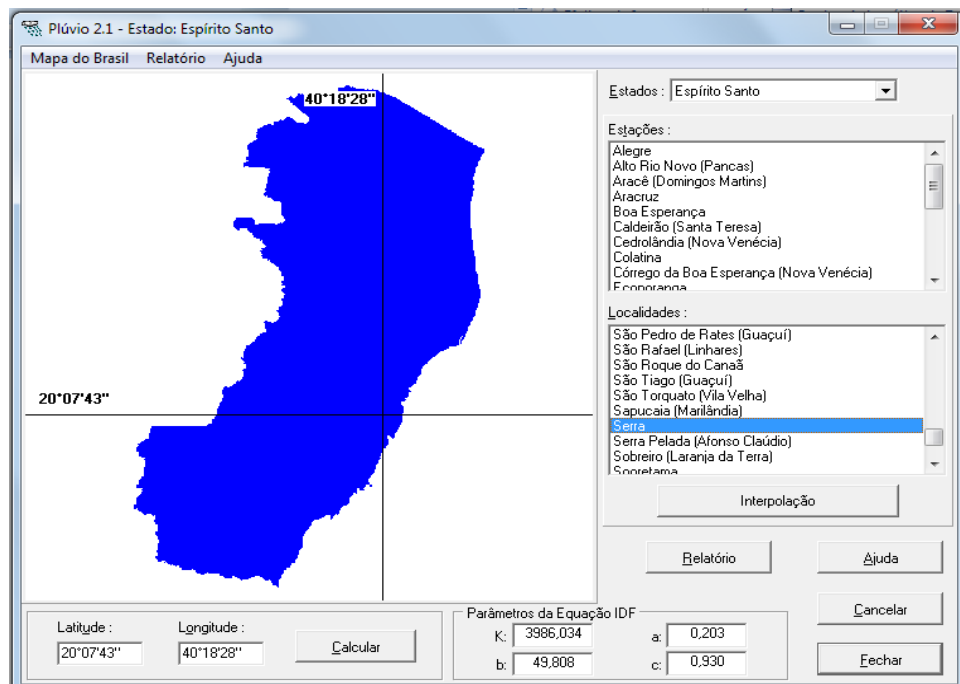


Figura 3: Software Plúvio 2.1 – Resultados dos parâmetros da Equação da Serra – ES.
Fonte: Software Plúvio 2.1

O software Pluvio 2.1 (Figura 3) espacializa os dados de chuvas intensas utilizando o método do inverso da quinta potência da distância, por ser esta uma das 28 combinações entre formas de interpolação que apresentaram resultados melhores na estimativa da intensidade máxima média de precipitação (CECÍLIO & PRUSKI, 2003). Segundo esses autores, o erro médio percentual encontrado em testes foi igual a 19,37%, valor considerado aceitável em se tratando de chuvas intensas.

Os resultados obtidos no município da Serra/ES, foram retiradas do aplicativo onde foi feito os estudos dos pavimentos, conforme Quadro 2:

COORDENADAS	
Localidade	Serra
Latitude	Longitude
20°07'43"	40°18'28"
Coefficientes para o cálculo da Obtenção de chuvas intensas	
k	3986,034
b	49,908
a	0,203
c	0,93

Quadro 2: Parâmetros da Equação IDF, obtido através do software Plúvio
Fonte: Plúvio 2.1

Calcula-se a obtenção de chuvas intensas no município da Serra – ES foi de 108,1762 mm/h, sendo posto o período de retorno de 10 anos e a duração de 30 minutos.

Determinação da Equação de Vazão Máxima e Obtenção da Equação de Coeficiente de Deflúvio

Através da Equação 3, que estima a vazão máxima de escoamento de uma determinada área e também Quadro 1, apresenta os valores para os coeficientes de escoamento superficial em áreas urbanas (C), foi possível obter os cálculos do escoamento superficial de cada pavimento permeável, conforme Quadro 3:

Tipos de Pavimentos	Q (m^3/s)
Blocos de Concretos Vazados	1,80
Blocos de Concretos Intertravado	46,91
Paralelepípedo	36,10

Quadro 3: Resultado do cálculo do escoamento superficial.
Fonte: Autor (2017)

Coeficiente de Permeabilidade para Pavimento Permeável

Através da Equação 5 que permite avaliar seu desempenho, para o dimensionamento e acompanhamento durante a vida útil, o coeficiente de permeabilidade, calculamos o coeficiente de permeabilidade para o pavimento permeável com carga variável, conforme Quadro 4:

Tipos de Pavimentos	(cm/s)
Blocos de Concretos Vazados	1,69
Blocos de Concretos Intertravado	0,52
Paralelepípedo	0,28

Quadro 4: Resultado do cálculo do coeficiente de permeabilidade para pavimento permeável.
Fonte: Autor (2017)

Método de Ensaio de Permeabilidade *In Situ*

O experimento, efetuado no bairro Morada de Laranjeiras, consistiu na simulação de chuva sobre diferentes tipos de superfície. O objetivo dos ensaios e determinar as leis de escoamento superficial e de infiltração na escala pontual para relacioná-la, elas fornecem um melhor conhecimento dos processos básicos da produção de escoamento em varias situações, no espaço e no tempo, permitindo através do escoamento superficial gerado por um determinado evento de chuva comparar a eficácia do uso dos pavimentos permeáveis em relação a outros tipos de coberturas na redução do volume de água.

Foram utilizadas três tipos de pavimentos, sendo um pavimento semipermeável: paralelepípedo Figura 4c, a escolha deste pavimento ocorreu em função de que tal

superfície era bem barata e eficiente. Foram utilizadas também duas superfícies de pavimentos permeáveis: blocos de concreto vazados Figura 4a e bloco de concreto intertravado Figura 4b, a superfície escolhida foi devida ser muito utilizada nos locais como estacionamentos e “shopping centers” e por ser fácil execução.

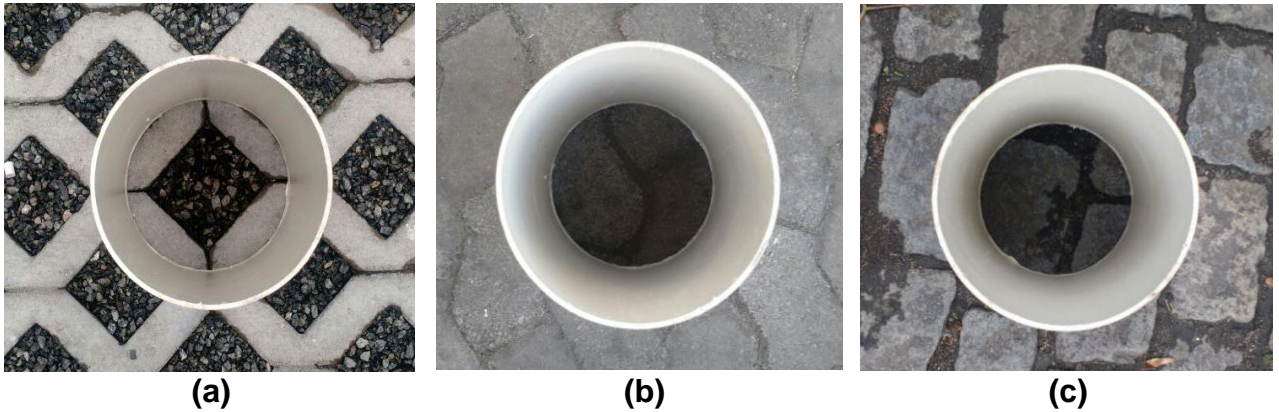


Figura 4: Ensaio de permeabilidade com diferentes materiais de revestimento permeável e semipermeável: (a) bloco de concreto vazado; (b) bloco de concreto intertravado; (c) paralelepípedo.

Os resultados obtidos para cada ponto ensaiado em termos de massa de água usada (kg), tempo de infiltração (s) e coeficiente de permeabilidade (mm/h ou m/s) encontram-se apresentados no Quadro 5.

PONTO	Tempo de Ensaio (hora)	Massa de Água Infiltrada (KG)	Coeficiente de permeabilidade (mm/h)
Bloco Vazado	1h 7min	3,6	169,62
Blocos de Concreto	2h 48min	3,6	46,18
Paralelepípedo	3h 12min	3,6	36,72

Quadro 5: Resultados obtidos nos ensaios para determinação do coeficiente de permeabilidade

Nesse contexto, visando avaliar o grau de permeabilidade do pavimento, serão comparados os valores obtidos com os dados típicos de permeabilidade de solo (Quadro 6), conforme procedimento de (JABUR 2013), visto que não existem valores regulamentados para comparação.

Coefficiente de permeabilidade do solo k (m/s)	Grau de permeabilidade do solo	Tipo de solo
$> 10^{-3}$	Alta	Brita
$10^{-3} a 10^{-5}$	Média	Areia de brita, areia limpa, areia fina
$10^{-5} a 10^{-7}$	Baixa	Areia, areia suja e silte arenoso
$10^{-7} a 10^{-9}$	Muito Baixa	Silte, silte argiloso
$< 10^{-9}$	Praticamente Impermeável	Argila

Quadro 6: Valores típicos de permeabilidade de solos
Extraído: (Jabur, 2013)

Nota-se pelos valores encontrados que o pavimento apresentou um coeficiente de permeabilidade considerado alto e bastante satisfatório. Vale lembrar que o teste foi feito em pavimentos construídos há alguns anos, havendo colmatação.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho teve por objetivo principal avaliar e comparar o escoamento superficial gerado por três tipos de pavimento permeável: pavimento em blocos de concreto, pavimento em blocos de concreto vazado e paralelepípedo. A partir dos resultados dos ensaios realizados, verificou-se que o desempenho dos três pavimentos foram bastante distintos.

As simulações nas superfícies semipermeáveis apresentaram escoamento superficial inferior ao do concreto: nos blocos de concreto observa-se crescimento de 18 % no coeficiente de escoamento, ou seja, o coeficiente de permeabilidade foi de 46,18mm/h, nos paralelepípedos é registrada queda de 15 % neste coeficiente, ou seja, o coeficiente de permeabilidade foi de 36,72 mm/h, sempre em comparação com o solo compactado. O seu uso em áreas urbanas pode contribuir para o controle da geração de escoamento superficial quando instalados em substituição a pavimentos impermeáveis.

Na simulação do método *in situ* no pavimento permeável praticamente não ocorreu escoamento superficial. Sugere-se, por questões de resistência estrutural e de manutenção, que estes pavimentos sejam utilizados em estacionamentos para veículos leves, especialmente em áreas de “shopping centers” e grandes supermercados, uma vez que eles mostram ser dispositivos altamente recomendados para o controle dos volumes escoados, o bloco vazado foi o que apresentou maior permeabilidade chegando a 67% valor referente a 169,62 mm/h, apresentando inclusive redução em comparação com as condições de pré-desenvolvimento.

Deve-se ressaltar também, que o pavimento apresentará uma melhoria importante para inundações freqüentes e de alto risco, no entanto quando o reservatório estiver cheio para grandes volumes de precipitação o pavimento poderá apresentar uma menor ineficiência do que apresentada nos experimentos.

É importante destacar que, na execução dos três pavimentos, nenhuma estrutura especial foi prevista para servir de reservatório para a água infiltrada pelo pavimento e que pode aumentar ainda mais a eficiência dos mesmos na redução da geração do escoamento superficial em comparação com o pavimento convencional.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, M. S. P.; POLETO, Cristiano. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos. **Holos Environment**, v. 12, n. 2, p. 121-131, 2012.

ALVES, A. V. P. et al. Análise dos Métodos de Estimativa para os Parâmetros das Distribuições de Gumbel e GEV em Eventos de Precipitações Máximas na Cidade de Cuiabá-MT. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Goiânia**, v. 6, n. 1, p. 32-43, 2013.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto, e restauração**. Oficina de Textos, 2007.

BAUMANN, D.D. **Water conservation: the struggle over definition**. **Water Resources Research**, 20 (4): 428-434, 1984.

BELL, F. G. (1969) “**Generalized rainfall - duration - frequency relationships**” *Journal of the Hydraulics Division - ASCE*, Vol. 95, n. HY1, p. 311-27.

BERNUCCI et al. (2008). **Pavimentação asfáltica – Formação básica para engenheiros**. 1. ed. Gráfica Imprinta, Rio de Janeiro, RJ.

BEUX, F. C.; OTTONI, A. B.. Métodos Alternativos de Drenagem a Partir da Retenção e Infiltração das Águas de Chuva no Solo, Visando a Redução das Enchentes Urbanas. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 17, 2015.

BUREAU of reclamation. **Water measurement manual**. Denver, 1953.

CASTRO, A. S. et al. Avaliação da Evolução do Comportamento Quantitativo de Pavimentos Permeáveis no Controle do Escoamento Superficial. **RBRH–Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, p. 263-273, 2013.

DOS SANTOS, J. S.; BEZERRA, I. S.. Proposta de naturalização do canal de drenagem do bairro do Bessa-João Pessoa-PB. **Revista Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 66-79, 2016.

FRANCO, E. J. **Dimensionamento de Bacias de Detenção das águas pluviais com base no Método Racional**. Dissertação. Curitiba: UFPR, 2004.

GARCEZ L. N, **Hidrologia**, Blucher, São Paulo, 1988.

INSTITUTE OF HYDROLOGY, 1980. **Low flow studies**. Walingford.

ISAIA G. C., **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**, São Paulo, 2010.

JABUR, A. S., **Projeto de Pesquisa: MAPLU 2 - Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano - Técnicas Compensatórias**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013

MARCHIONI, M., SILVA, C.O., **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas São Paulo**, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011.

MARTINS, E. S. P. R.; BERTONI, J. C.; CLARKE, R. T. **Análise de precipitações diárias utilizando modelos lineares generalizados**. In: VII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1992, São Paulo. Anais do VII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1992

MARTINS, José Rodolfo Scarati. Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?. **Artigo Científico**, v. 1, p. 11, 2012.

NASCIMENTO DE ALMEIDA, K.; TOSTA DOS REIS, J. A.; FERREIRA MENDONÇA, A. S.. Emprego dos métodos expeditos de Chow Gumbel e Bell para formulação de equações de chuvas intensas—uma avaliação de desempenho. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 2, 2017.

PINTO, L. L. C. A.. **O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

POTTINGER *et al.*, (1986). **The tire pavement interface**. Baltimore **ASTM Standards**. p. 9-15.

SCHERER, E. I.. **Análise comparativa de pavimentos com revestimento do tipo Cape Seal e CBUQ**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso.

THIESSEN, A. H. **Precipitation Averages for Large Areas**. Mon. Wea. Rev. v. 39, p. 1082–1089. 1911.

TOMAZ, P.; **HIDROLÓGICOS, Cálculos. Hidráulicos para Obras Municipais**—1a. Edição, São Paulo, 2002.

TUCCI C. E. M, **Hidrologia: ciência e aplicação**, UFRGS, Porto Alegre, 1997.

VIRGILIIS, A. L. C. de. **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.