

Proposta de implantação de pavimentos permeáveis em ciclovias e ciclofaixas: estudo de caso em Blumenau-SC

Application proposal of permeable pavements in bike paths and bike lanes: case study in Blumenau-SC, Brazil

João Marcos Bosi Mendonça de Moura, mestre em Engenharia Ambiental, FURB

joaomarcosmm@hotmail.com

Jacksonildo de Lima do Carmo, graduado em Engenharia Civil, FURB

jcarmo.93@hotmail.com

Alexandre Coldebela, graduado em Engenharia Civil, FURB

Alexandrecoldebela@hotmail.com

Resumo

Neste estudo contempla-se uma proposta de implantação de pavimentos permeáveis em ciclovias e ciclofaixas no município de Blumenau, Santa Catarina. Realizou-se um comparativo de dimensionamento hidráulico dos pavimentos permeáveis com a aplicação do método da curva envelope e do método da NBR 16416. Analisou-se a massa específica, a resistência à compressão e a condutividade hidráulica de um concreto permeável com vistas à sua aplicação no revestimento dos pavimentos permeáveis. Os resultados do dimensionamento indicaram que os maiores volumes de reservatórios são determinados pelo método da curva envelope e que o concreto permeável desenvolvido poderia ser aplicado em forma de *paver*. Nas conclusões apontam-se benefícios e perspectivas com a integração da rede cicloviária e a medida de manejo de água pluvial sustentável.

Palavras-chave: Manejo de água pluvial; Pavimento permeável; Concreto permeável; Ciclovia

Abstract

The survey addresses a proposal of implantation of permeable pavements in Blumenau's bike paths and bikeways, state of Santa Catarina, Brazil. It was carried out a comparative analysis of the hydraulic design with the application of the envelope curve's method and standard's method (NBR 16416). The specific mass, compressive strength and hydraulic conductivity of a pervious concrete was analyzed to apply it in permeable pavements. The results of design indicated that the larger reservoirs are determined by the envelope curve's method and that the developed pervious concrete could be applied in the pavement like a paver. The conclusions point out benefits and perspectives with the integration of the municipal bicycle network and the sustainable rainwater management.

Keywords: Rainwater management; Permeable Pavement; Pervious concrete; Bike paths

1. Introdução

Os sistemas de drenagem urbana foram tradicionalmente construídos com o objetivo de “expulsar” rapidamente a água pluvial pelos canais urbanos. Contudo, esta abordagem se demonstrou pouco eficiente porque eleva a vazão a jusante e altera o ciclo hidrológico natural. Uma nova abordagem foi necessária, focada em aspectos ambientalmente sustentáveis e na minimização de riscos de danos como: evitar modificações nas condições hidrológicas naturais; planejar de maneira integrada toda bacia hidrográfica; reduzir impactos negativos a jusante; valorizar medidas não estruturais (educação ambiental, incentivos fiscais etc.) (LAMB et al., 2017; PINHEIRO, 2013).

Nesta nova e moderna abordagem se inserem as medidas compensatórias de manejo de água pluvial sustentável como os pavimentos permeáveis, as trincheiras de infiltração, os poços de retenção e reservatórios de água da chuva (SILVEIRA; GOLDENFUM, 2007). No caso do pavimento permeável, a estrutura permite a infiltração da água pluvial, a redução do escoamento superficial e a retenção temporária da água na sua camada de base.

O pavimento permeável é empregado em regiões de tráfego leve e de pedestre como pátios, calçadas e estacionamentos com o intuito de reduzir a frequência e magnitude de enchentes urbanas (PEIXER, 2017; KUMAR et al., 2016). Não obstante, a sua implantação deve ser integrada ao planejamento urbano e territorial das bacias hidrográficas, pois possui limitações como qualquer obra de engenharia.

Em Blumenau, Santa Catarina, um avanço importante foi dado com o Plano de Mobilidade (BLUMENAU, 2016, p.113) ao estabelecer como prioridade em médio prazo a implantação “de tecnologias de pavimentação mais permeável”. Neste contexto, objetivou-se elaborar uma proposta de implantação de pavimentos permeáveis em ciclovias e ciclofaixas no município de Blumenau, Santa Catarina, buscando integrar uma importante estrutura de mobilidade urbana e uma medida ambientalmente sustentável de manejo de água pluvial.

O estudo contempla um comparativo entre dois métodos de dimensionamento hidráulico dos pavimentos permeáveis, bem como o desenvolvimento tecnológico de um concreto permeável que pode compor a camada de revestimento do pavimento. Espera-se que este trabalho incentive os municípios brasileiros a pensar de maneira integrada aspectos de mobilidade urbana e de manejo de água pluvial sustentável.

2. Metodologia

As etapas metodológicas da pesquisa abordam a delimitação da área de estudo, as metodologias de dimensionamento hidráulico dos pavimentos permeáveis, a definição de critérios e parâmetros de projeto e o desenvolvimento do concreto permeável (Figura 1).

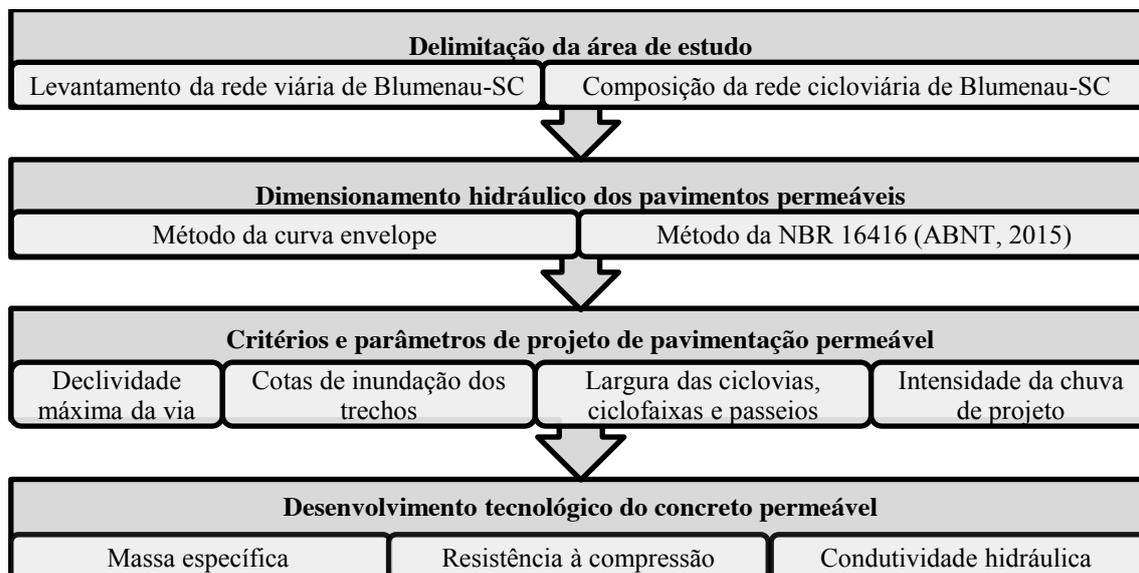


Figura 1: Fluxograma metodológico da pesquisa. Fonte: elaborado pelos autores.

2.1 Área de estudo

Propõem-se aplicar pavimentos permeáveis em ciclovias e ciclofaixas do município de Blumenau, localizado no Vale do Itajaí, estado de Santa Catarina. O município possui aproximadamente 348.513 habitantes e área territorial de 518,5 km² (IBGE, 2017).

Por meio de um mapa concedido pela Secretaria Municipal de Planejamento Urbano da Prefeitura de Blumenau obteve-se a rede cicloviária existente e projetada do município. Entende-se como ciclovia o espaço destinado exclusivamente à circulação de bicicletas e ciclofaixa o espaço destinado à circulação de bicicletas sem separação física com a pista de rolamento de veículos automotores (BRASIL, 2007).

As calçadas compartilhadas (espaços de uso compartilhado por pedestres, cadeirantes e ciclistas) foram desconsideradas na pesquisa para evitar que a água pluvial fosse direcionada em um local com tráfego de pedestres.

Quantificou-se 44 km de ciclovias e ciclofaixas existentes e 47 km de ciclovias e ciclofaixas projetadas no município de Blumenau no ano de 2017. Ambos os trechos (91 km) foram analisados no estudo. Considerou-se a largura efetiva das ciclovias igual a 2,00 m e das ciclofaixas de 1,80 m (BRASIL, 2001).

2.2 Dimensionamentos hidráulicos dos pavimentos permeáveis

Realizou-se o dimensionamento hidráulico do pavimento permeável por meio de dois métodos com o objetivo de compará-los. O primeiro, método da NBR 16416 (ABNT, 2015), se baseia na metodologia proposta pelo *Interlocking Concrete Pavement Institute* (SMITH, 2001). A altura da camada de reservatório é resultante da diferença entre o

volume de entrada (precipitação excedente das áreas de contribuição e precipitação incidente no dispositivo permeável) e o volume de saída (volume infiltrado de água no solo ou descarregado por drenos) – equação 1:

$$H_{m\acute{a}x} = \frac{\Delta Q_c \cdot R + P - f \cdot T_e}{\eta} \quad (1)$$

Onde:

$H_{m\acute{a}x}$ – altura da camada de base/reservatório (m); ΔQ_c – precipitação excedente da área de contribuição para uma dada intensidade de chuva de projeto (m); R – relação entre a área de contribuição e a área do pavimento permeável (m^2/m^2); P – chuva de projeto (m); f – fluxo de saída do dispositivo ($m \cdot h^{-1}$); T_e – tempo efetivo de enchimento da camada de reservatório (h); η – porosidade do material de enchimento do pavimento permeável.

Já no método da curva envelope, o volume do reservatório é obtido por meio da maximização da diferença entre o volume de entrada e o volume de saída. Desta maneira, a altura da camada do reservatório do pavimento permeável é obtida pela equação 2 (SILVEIRA; GOLDENFUM, 2007):

$$H_{m\acute{a}x} = \frac{\left[\sqrt{\frac{a}{60}} \cdot \sqrt{\beta} \cdot T \left(\frac{b}{2}\right) - \sqrt{\frac{c}{60}} \cdot \sqrt{q_s} \right]^2}{\eta} \quad (2)$$

Sendo:

$H_{m\acute{a}x}$ – altura da camada de base/reservatório (mm); a , b , c – parâmetros da equação de intensidade-duração-frequência (IDF) de Talbot; β – produto do coeficiente de escoamento pela razão entre a área contribuinte e área do pavimento permeável (m^2/m^2); T – período de retorno (anos); q_s – vazão de saída (do subleito ou dos drenos) constante do dispositivo ($mm \cdot h^{-1}$); η – porosidade do material de enchimento do pavimento permeável.

2.3 Critérios e parâmetros de projeto

Considerando os requisitos da NBR 16416 (ABNT, 2015), optou-se por excluir os pavimentos permeáveis que teriam áreas de contribuição de declividade igual ou superior a 20%. As ciclovias e ciclofaixas com declividade igual ou superior a 5% também foram excluídas do projeto, pois esta condição pode reduzir significativamente a capacidade de reservação da água pluvial. Não se adotou um limite máximo para a relação área de contribuição e área do dispositivo permeável.

Adotaram-se valores de 2, 5 e 10 anos para o período de retorno da intensidade da chuva de projeto. Trata-se de períodos de recorrência geralmente empregados no dimensionamento de elementos de microdrenagem (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995). A duração da chuva de projeto foi 60 minutos, o mínimo valor permitido pela NBR 16416

(ABNT, 2015), portanto, desconsiderou-se o cálculo do tempo de concentração das bacias hidrográficas contribuintes.

Excluiu-se também as ciclovias e ciclofaixas localizadas em cota de inundação com período de recorrência menor que 5 anos. Se frequentemente submerso, o pavimento poderia ter seus poros precocemente colmatados, inviabilizando o investimento.

O solo de Blumenau-SC é de textura predominantemente argilosa (EMBRAPA, 2004), logo, optou-se pelo sistema de sem infiltração da água no subleito. Com isso, procura-se também evitar manifestações patológicas no pavimento devido às pressões hidrodinâmicas da água infiltrada no solo. Assim, a água pluvial infiltrada é temporariamente armazenada e encaminhada para o sistema de drenagem urbana ou um corpo d'água, de modo a amortizar a vazão de pico em eventos de inundação brusca (“enxurradas”).

Para determinar a intensidade da chuva de projeto utilizou-se a expressão de Talbot (equação 3), que relaciona a intensidade da chuva com a sua duração e tempo de recorrência:

$$i = \frac{a \cdot T^b}{t+c} \quad (3)$$

Sendo:

i – intensidade da chuva (mm.h^{-1}); a , b , c – parâmetros da equação; T – período de retorno (anos); t – duração da chuva (minutos).

Neste trabalho foram utilizados os dados de três estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas – ANA. No dimensionamento de cada pavimento consideraram-se sempre os dados da estação pluviométrica geograficamente mais próxima. Os dados da intensidade da chuva de projeto se baseiam no estudo de Back e Bonetti (2014), os quais descrevem os parâmetros da equação IDF na forma de uma IDF potencial (K , m , n , e d). Portanto, realizou-se a conversão dos parâmetros para um IDF do tipo Talbot – equação 3 (a , b e c) (Tabela 1).

| Estação Código | Parâmetros | | | Período de dados | |
|-------------------|------------|-------|-------|------------------|-------|
| | a | b | c | Inicial | Final |
| 02649007 | 3535,78 | 0,193 | 21,04 | 1945 | 2011 |
| 02649009 | 3381,68 | 0,172 | 21,04 | 1941 | 2005 |
| 02649010 | 3477,48 | 0,183 | 21,04 | 1941 | 2008 |

Tabela 1: Coeficientes da equação IDF do tipo Talbot. Fonte: Back e Bonetti (2014).

As áreas de contribuição que encaminham a chuva excedente ao pavimento permeável foram divididas em três tipos: vias de tráfego, de passeio (calçadas) e área de vegetação. Adotou-se um coeficiente de escoamento superficial das áreas de contribuições por meio da média ponderada. O valor do coeficiente superficial da via de tráfego, passeio e

vegetação foram de 0,90, 0,85 e 0,20, respectivamente (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Atribui-se o valor de 10 mm/h para os parâmetros q_s e f (vazão de saída constante do dispositivo), o que corresponde à vazão produzida pelos drenos localizados na base da camada de reservatório. Estes drenos são colocados, pois se optou pelo sistema de pavimentação permeável sem infiltração da água no subleito.

O tempo de detenção (T_e) para o método da NBR 16416 (ABNT, 2015) foi de 2 horas – valor recomendado pela própria norma e por Smith (2001). Na camada de reservatório considerou-se o emprego de brita 4, e, portanto, adotou-se uma porosidade (η) de 0,40 (SOUZA, 2002). Arredondou-se todos os valores das alturas da camada de reservatório para cima e com valores múltiplos de 5.

2.4 Desenvolvimento do concreto permeável

Objetivou-se também desenvolver um concreto permeável capaz de revestir os pavimentos permeáveis propostos. Para a dosagem do material, empregou-se o método de Nguyen et al. (2014). Trata-se de um método analítico que se baseia na quantificação do volume de pasta necessário apenas para revestir os agregados (*theory of excess paste*). Deste modo, supõem-se que será otimizado o desempenho mecânico e hidráulico do material.

A dosagem do concreto permeável teve a sua relação determinada na proporção 1:4,4:0,3 (cimento:agregado:água) – valores em massa. Os agregados eram compostos por 80% de agregados graúdos ($D_{m\acute{a}x.} = 12,5$ mm) e 20% de agregados miúdos (módulo de finura = 2,87).

Avaliaram-se quatro propriedades do concreto permeável e em cada teste utilizaram-se três corpos de prova cilíndricos ($\Phi = 10$ cm; $h = 20$ cm). Após o desmolde, os espécimes foram submetidos à cura submersa em um tanque com água. Determinou-se a massa específica no estado fresco pelo método da NM 9778 (ABNT, 2009) e a resistência à compressão aos 28 dias de idade pelos procedimentos da NBR 5739 (ABNT, 2007).

Quantificou-se a condutividade hidráulica por meio de um permeâmetro de carga variável. Os procedimentos basearam-se nas orientações da *American Concrete Institute* (ACI, 2010). O parâmetro é calculado por meio do registro do intervalo de tempo em que o nível da água infiltrada se desloca de 29 para 7 cm. Executou-se três vezes este ensaio para cada corpo de prova e determinou-se a condutividade hidráulica por meio da equação 4.

$$K = \frac{A_{tubo} \cdot L}{A \cdot t} \cdot \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad (4)$$

Sendo:

K – condutividade hidráulica ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$); L – comprimento do corpo de prova cilíndrico (cm); A_{tubo} – área da seção transversal do tubo do permeâmetro (cm^2); A (cm^2) a área da seção

transversal do corpo de prova cilíndrico; t – tempo médio que a coluna d’água leva para descer de 29 cm até 7 cm (s); h_1 e h_2 são respectivamente o nível inicial e final de carga hidráulica (cm).

3. Resultados e discussão

De acordo com os critérios estabelecidos na pesquisa, observou-se 78 trechos de ciclovias e ciclofaixas aptos a receber pavimento permeável. Somados, os trechos alcançam aproximadamente 80 km da rede cicloviária (existente + projetada) do município de Blumenau.

3.1 Dimensionamento hidráulico

As alturas das camadas de reservatório destes 78 pavimentos permeáveis variaram entre 30 e 90 cm, considerando os diferentes períodos de retorno da intensidade da chuva de projeto e os diferentes métodos de dimensionamento (Figura 2). Do ponto de vista mecânico, trata-se de valores suficientes para garantir estabilidade física da estrutura (VIRGILIS, 2009).

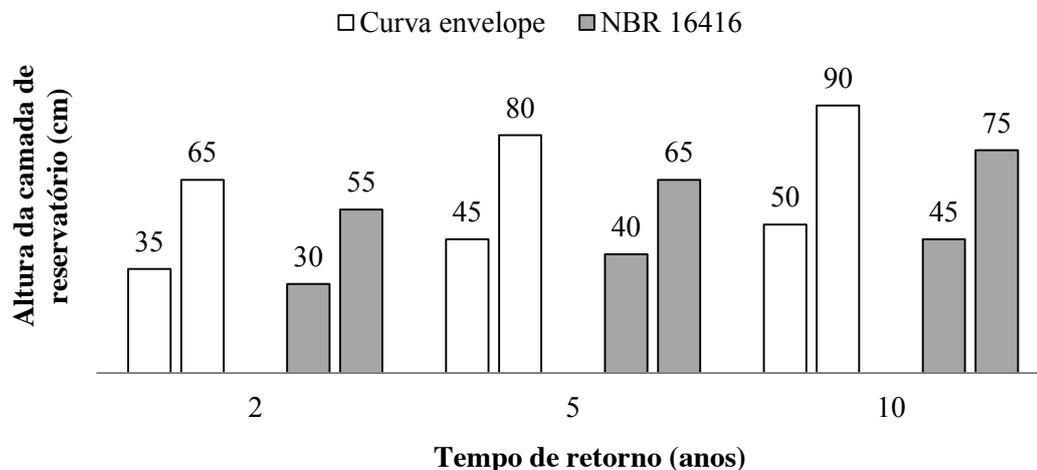


Figura 2: Altura mínima e máxima da camada de reservatório dos pavimentos permeáveis em função do período de retorno da intensidade da chuva de projeto e do método de dimensionamento. Fonte: elaborado pelos autores.

Observa-se que os valores são altos se comparados com os resultados de outros estudos, os quais aplicaram o pavimento permeável em estacionamentos e cuja camada de reservação não ultrapassou 25 cm (PINTO, 2011; VIRGILIS, 2009; ACIOLI, 2005). Estas maiores alturas se devem principalmente porque a relação entre a área de contribuição e a área do dispositivo variou de 2,4 a 6,4, enquanto que geralmente as pesquisas trabalham com módulos experimentais que recebem apenas a água incidente no próprio dispositivo (ACIOLI, 2005; PINTO, 2011). Acredita-se que será maior o benefício ambiental caso o

pavimento permeável executado na rede cicloviária receba a água pluvial excedente das áreas de contribuição.

Na Figura 2 observa-se também que a altura da camada de reservatório aumenta na medida em que cresce o período de retorno da intensidade da chuva de projeto. Os resultados obtidos por meio do método da curva envelope com período de retorno igual a 5 anos foram semelhantes aos resultados calculados por meio do método da NBR 16416 com período de retorno de 10 anos. A NBR 16416 descreve a possibilidade da aplicação de outros métodos de dimensionamento, desde que considerem aspectos das condições de solo e precipitação. Nesse sentido, percebe-se que de um método para outro pode haver uma diferença significativa no dimensionamento, relativizando a determinação da NBR 16416 que preconiza um período de retorno mínimo de 10 anos (ABNT, 2015).

Em todos os casos, as alturas calculadas pelo método da curva envelope foram maiores (Figura 2). A maior capacidade de reservação de água pluvial promoverá maiores benefícios ambientais e sociais, ao possibilitar o amortecimento da vazão máxima afluente e o aumento do tempo de concentração de pequenas bacias hidrográficas urbanizadas. Contudo, este aspecto deve ser equilibrado com o valor do investimento necessário para implantar a medida. Pinto (2011) relata que aproximadamente 30% do valor da execução de pavimentos permeáveis (sem infiltração no subleito) são resultantes da execução da camada de reservatório, ou seja, trata-se de um aspecto importante para o investimento.

A diferença de altura entre os métodos de dimensionamento se deve principalmente porque o tempo de detenção da água pluvial infiltrada considerada no cálculo do método normativo (2 horas) é menor que o tempo da máxima diferença de volumes determinados no método da curva envelope. Este tempo efetivo de enchimento da camada de reservatório está diretamente ligado ao amortecimento da vazão afluente, de modo que quanto menor é o tempo de enchimento do reservatório, menor é o amortecimento no hidrograma (PINTO, 2011).

Não obstante, nem sempre o pavimento com as maiores dimensões será a melhor opção. Um tempo de detenção maior que 72 horas poderá prejudicar as condições aeróbias da camada de base, bem como reduzir a capacidade de reservação em eventos subsequentes (ACIOLI, 2005). Além do mais, reconhece-se a importância do custo na implantação desta medida compensatória. Uma análise econômica que quantifique também os benefícios sociais e ambientais com a redução do risco de inundação brusca (“enxurrada”) é fundamental para que se possa tomar decisão a respeito da melhor opção tecnológica.

3.2 Estrutura do pavimento e desenvolvimento do concreto permeável

O pavimento permeável consiste em uma estrutura composta por diversos elementos que integrados garantem seu adequado funcionamento. Alguns erros mais comuns na sua aplicação consistem em, por exemplo, executar apenas o revestimento permeável sem a construção do reservatório ou até mesmo aplicar um revestimento permeável que não atenda os requisitos hidráulicos mínimos (PEIXER, 2017).

O sistema de pavimentação permeável proposto neste estudo baseia-se no que propõe a NBR 16416, e, portanto, é composto por uma camada de revestimento permeável, de assentamento, de reservatório e de subleito (Figura 3). A manta de geotêxtil evita o transporte de sedimentos entre as camadas de contato e os drenos descarregam a água pluvial no sistema de drenagem ou em um corpo d'água. A manta impermeável de PEAD garante que a água não seja infiltrada no subleito e nas laterais do pavimento, buscando, portanto, evitar manifestações patológicas na estrutura ou na pista de rolamento circunvizinha.

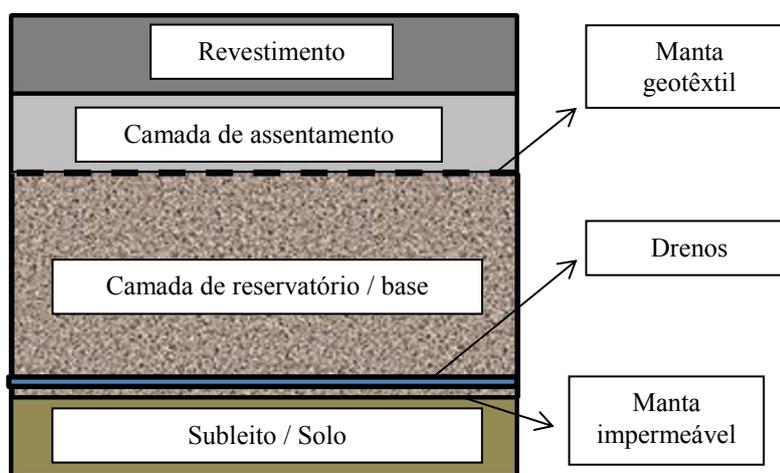


Figura 3: Perfil de pavimento permeável sem infiltração de água no subleito. Fonte: adaptado da ABNT (2015).

O revestimento permeável de concreto pode ser do tipo *paver* intertravado com juntas alargadas, peças vazadas de concreto, peças de concreto permeável, placas de concreto permeável ou concreto permeável moldado no local (ABNT, 2015). Como se supõe tráfego leve nas ciclovias e ciclofaixas, a espessura mínima do revestimento deve ser de 8 cm para elementos pré-moldados e 10 cm para concreto permeável executado no local (ABNT, 2015).

Nesta pesquisa desenvolveu-se e analisou-se um concreto permeável com o objetivo de aplicá-lo no revestimento dos pavimentos permeáveis. As propriedades físicas, mecânicas e hidráulicas obtidas encontram-se na Tabela 2.

| Parâmetro | Média (Desvio padrão) |
|---|-----------------------|
| Massa específica no estado fresco (kg.m ⁻³) | 2156,0 (± 32,0) |
| Resistência à compressão (MPa) | 26,7 (± 1,8) |
| Condutividade hidráulica (mm.s ⁻¹) | 5,8 (± 4,0) |



Tabela 2: Propriedades físicas, mecânicas e hidráulicas do concreto permeável desenvolvido. Fonte: elaborado pelos autores.

A massa específica teórica do concreto permeável foi de 2121 kg.m^{-3} e a massa específica medida no estado fresco foi de 2156 kg.m^{-3} . Portanto, a variação dos dois parâmetros não ultrapassou o limite recomendado pela ACI (2010), isto é, não foi maior que $\pm 80 \text{ kg.m}^{-3}$.

A média da resistência à compressão do concreto permeável atingiu 26,7 MPa, sendo que geralmente a literatura científica reporta valores entre 3 a 28 MPa (NGUYEN et al., 2014; TENNIS; LEMING; AKERS, 2004). Trata-se de uma resistência mais alta que a encontrada pelos próprios desenvolvedores do método de dosagem (NGUYEN et al., 2014). O principal motivo é o maior teor de agregado miúdo utilizado no concreto permeável deste estudo, o que torna a matriz cimentícia mais densa e resistente. A resistência característica à compressão foi maior que 20 MPa, o mínimo exigido normativamente (ABNT, 2015). Portanto, o material possui os requisitos mecânicos mínimos para ser utilizado em forma de *pavers* de concreto permeável (ABNT, 2015).

A condutividade hidráulica do material não foi prejudicada pelo fato de ser maior o teor de agregado miúdo no concreto permeável. Todas as medições registraram valores maiores que 1 mm.s^{-1} , ou seja, o material também apresenta uma condutividade hidráulica suficiente e adequada para o seu funcionamento como revestimento (YAHIA; KABAGIRE, 2014).

Destaca-se que a NBR 16416 contempla outra metodologia para avaliar a propriedade hidráulica do material. Trata-se do método do anel de infiltração cuja carga hidráulica máxima é de 1,5 cm. Não obstante, é possível inferir que do ponto de vista hidráulico o concreto permeável desenvolvido é adequado (YAHIA; KABAGIRE, 2014).

4. Conclusões e Recomendações

Os pavimentos permeáveis podem reduzir a frequência e magnitude de enchentes em bacias hidrográficas urbanizadas e com grande parte do solo impermeabilizado. Neste contexto, o estudo objetivou propor a integração de um importante elemento de mobilidade urbana e uma medida compensatória de manejo de água pluvial sustentável.

As camadas de reservatório dimensionadas variaram de 30 a 90 cm, considerando períodos de retorno de 2, 5 e 10 anos para a intensidade da chuva de projeto. O dimensionamento pelo método da curva envelope resultou nas maiores camadas de reservação de água pluvial comparado com as alturas obtidas pelo método da NBR 16416. O motivo reside no tempo efetivo de enchimento considerado, que é menor no método normativo.

O concreto permeável desenvolvido alcançou os requisitos mecânicos e hidráulicos necessários para ser aplicado em forma de *pavers*. Futuros estudos podem verificar a influência do grau de adensamento nas propriedades físicas, mecânicas e hidráulicas dos *pavers*, bem como avaliar aspectos econômicos vinculados à transferência de tecnologia.

Recomendam-se análises a respeito do lençol freático no local de implantação dos pavimentos, investigações a respeito do impacto das estruturas do ponto de vista

hidrológico e estudos econômicos que considerem os diferentes cenários de aplicação e investimento.

Espera-se que com esta pesquisa se fomente uma discussão sobre a importância do pavimento permeável para o manejo de água pluvial sustentável e se levante a possibilidade de uma inovadora integração entre o manejo de água pluvial e a rede cicloviária.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de doutorado ao primeiro autor e à Secretaria Municipal de Planejamento Urbano de Blumenau-SC por conceder o mapa da rede cicloviária do município.

Referências

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

_____. **NBR 9778:** Argamassa e concreto endurecido: absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 13292:** Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 16416:** Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ACIOLI, L. A. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte.** 2005. 162 f. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2005.

ACI – AMERICAN CONCRETE INSTITUTE - ACI 522R-10. **Report on pervious concrete.** Farmington Hills, Michigan: American Concrete Institute; 2010. 38p.

BACK, A. J.; BONETTI, A. V. Chuva de projeto para instalações prediais de águas pluviais de Santa Catarina. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v. 19, n. 4, p. 260-267, 2014.

BLUMENAU. **Plano de Mobilidade.** Secretaria de Planejamento Urbano. Prefeitura de Blumenau. Dezembro/2016. Disponível em: <<http://www.blumenau.sc.gov.br/blumenau/audiencias-publicas&download=c59ce05d6c9727122158c51a6eb942a3>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Manual de Planejamento Cicloviário.** Brasília, DF, 2001.

_____. Ministério das Cidades. **Programa Brasileiro de Mobilidade por Bicicleta**. Brasília, DF, 2007.

EMBRAPA. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Solos do Estado de Santa Catarina. 2004. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/.../BPD462004SantaCatarina.pdf>>. Acesso em: 7 mar 2017.

IBGE. **Blumenau, Santa Catarina, Brasil**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=420240>>. Acesso em: 2 set 2016.

KUMAR, K. et al. In-situ infiltration performance of different permeable pavements in a employee used parking lot–A four-year study. **Journal of environmental management**, v. 167, p. 8-14, 2016.

LAMB, G. S. et al. Study of the drainage properties of pervious concrete. **International Journal of Environment and Sustainable Development**, v. 16, n. 2, p. 99-111, 2017.

NGUYEN, D. H. et al. A modified method for the design of pervious concrete mix. **Construction and Building Materials**, v. 73, p. 271-282, 2014.

PEIXER, N. **Análise técnica de pavimentos permeáveis implantados no município de Blumenau-SC: um estudo de caso na Alameda Rio Branco**. 2017. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil, Universidade Regional de Blumenau, 2017.

PINHEIRO, A. **Sistemas de Drenagem Urbana**. Material didático (Curso de Engenharia Civil, Fundação Universidade Regional de Blumenau). 2013.

PINTO, L. L. C. A. **O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano**. 2011, 283 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SILVEIRA, A.; GOLDENFUM, J. A. Metodologia generalizada para prédimensionamento de dispositivos de controle pluvial na fonte. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 2, p. 157-168, 2007.

SMITH, D. R. **Permeable interlocking concrete pavements**. Washington, DC: Interlocking Concrete Pavement Institute, 2001. 44p.

SOUZA, V. C. B. S. **Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle da geração do escoamento superficial**. 2002. 137 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

TENNIS, P. D.; LEMING, M. L.; AKERS, D. J. **Pervious Concrete Pavements**. EB302.02, Portland Cement Association, USA, 2004.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. B.. **Drenagem Urbana**. 1. ed - Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995. 428 p.

VIRGILIS, A. L. C. **Procedimento de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. 2009, 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) –Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

YAHIA, A.; KABAGIRE, K. D. New approach to proportion pervious concrete. **Construction and Building Materials**, v. 62, p. 38-46, 2014.