




Gabrieli Crislen da SILVA\*

 <https://orcid.org/0009-0000-6783-7073>


Rodrigo Delarovere DIAS\*\*

 <https://orcid.org/0009-0008-2593-4869>

Camila Fernandes F. APARECIDO\*\*\*

 <https://orcid.org/0000-0002-8429-950X>

Claudia Scoton A. MARQUES\*\*\*\*

 <https://orcid.org/0000-0002-9812-150X>

Recebido em: 19 de junho de 2023.

Aprovado em: 20 de outubro de 2023.

## ANÁLISE DA VAZÃO DE UM CURSO D'ÁGUA DEVIDO AO USO DO PAVIMENTO PERMEÁVEL: UM ESTUDO DE CASO EM SANTA FÉ DO SUL - SP\*

### RESUMO

A impermeabilização do solo devido à ocupação urbana pode alterar o ciclo hidrológico e causar altos picos de vazão, conseqüentemente, enchentes. Uma das soluções é a adoção de pavimentos permeáveis, criando uma superfície drenante e permitindo o retorno da água ao lençol freático. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar a percolação pluviométrica pelo pavimento permeável no córrego da Mula em Santa Fé do Sul e seu impacto na vazão. A vazão foi monitorada em 7 levantamentos realizados no período de 04/2022 a 10/2022. Para isso, foram feitos monitoramentos em três trechos do corpo hídrico, a montante, a jusante e no meio do trecho, de abril a julho, sem o uso do pavimento drenante. De agosto a outubro, foi feito o monitoramento da vazão nos mesmos pontos, mas com o uso da placa de concreto poroso. Os trechos apresentavam seção de pequenas dimensões, retilíneo e regular. Com o uso do pavimento permeável in loco, ou seja, no córrego estudado, foi possível notar o aumento da vazão em 8,65%, o que comprova sua interferência no escoamento superficial. Além disso, o pavimento permeável apresentou um resultado satisfatório quanto à permeabilidade (>10-3m/s), e resistência à compressão (>2,0MPa) estando de acordo com a NBR 16416 (ABNT, 2015). Concluiu-se que é possível a utilização de pavimento permeável em áreas de tráfego leve, ou seja, ao redor da bacia, pois, permitirá que as águas da chuva infiltrem no solo e retornem ao córrego, aumentando o escoamento superficial.

**Palavras-chave:** Pavimento poroso. Inundações. Urbanização.

## WATERCOURSE FLOW ANALYSIS- USE OF PERMEABLE PAVEMENT: CASE STUDY IN SANTA FÉ DO SUL - SP

### ABSTRACT

Soil impermeabilization caused by urbanization can alter the hydrological cycle and lead to high flow peaks, and eventually, floods. One of the possible solutions is the use of permeable pavements, allowing water to drain and thus return to the water table. This study aimed to analyze rainfall percolation through permeable pavement installed near the Mula stream in Santa Fé do Sul and its impact on the flow. The latter was surveyed 7 times from 04/2022 to 10/2022 with monitoring consistently conducted in three sections of the water body: upstream, downstream and in the middle of the stretch. From April to July, flow was monitored without the use of the drainage pavement whereas from August to October porous concrete pavers were used instead. The sections had a small, rectilinear and regular section. Flow increased by 8.65% for in-situ permeable pavement – thus proving its impact in surface runoff. In addition, the permeable pavement presented satisfactory permeability (>10-3m/s), and compressive strength (>2.0MPa) results meeting NBR 16416 (ABNT, 2015) norms. It was concluded that the use of permeable pavement in light-traffic areas (e.g. around the basin) is not only possible but also beneficial since it allows rainwater to infiltrate the soil and return to the stream, thereby increasing surface runoff.

**Keywords:** Porous pavement. Flooding. Urbanization.

\* Graduanda em Engenharia Civil do Centro Universitário de Santa Fé do Sul-SP/BR – Unifunec, e-mail: gabycrislen@gmail.com

\*\* Graduanda em Engenharia Civil do Centro Universitário de Santa Fé do Sul-SP/BR – Unifunec, e-mail: rodrigodeladiaz@hotmail.com

\*\*\* Doutora, Docente do Centro Universitário de Santa Fé do Sul-SP/BR – Unifunec, e-mail: camilaff\_gyn@hotmail.com

\*\*\*\* Doutora, Docente do Centro Universitário de Santa Fé do Sul-SP/BR – Unifunec, e-mail: clauscam@gmail.com

\* Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP - Pibic/Unifunec



## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano nas grandes cidades pode criar uma gama de problemas ambientais, entre eles: resíduos sólidos, despejo de esgotos nos rios, emissão de gases poluentes enchentes, inundações entre outros.

A sociedade sofre com o agravamento das cheias, pois se acumulam perdas econômicas e sociais diversas. A cidade, na maioria das vezes, apresenta danos em infraestrutura e habitações, degradação do ambiente, desvalorização do ambiente construído, além de sofrer com propagação de doenças, empobrecimento da população, entre outros (MIGUEZ, 2015).

Nesse contexto, percebe-se que o uso irregular do solo nas áreas urbanas constitui uma das ações que geram impactos ambientais, devido às mudanças das características originais de uso do solo. Segundo Virgillis (2009), o rápido crescimento das cidades, com destaque para a urbanização ocorrida no século passado, pode agravar os problemas de enchentes, pois tende a remover a cobertura vegetal original, aumentando a impermeabilização do solo.

Desse modo, questiona-se o que pode ser feito para auxiliar na redução das enchentes nas áreas urbanas. A literatura mostra que uma das abordagens estudadas atualmente, já implementadas em algumas cidades, é o pavimento permeável.

O sistema da aplicação de pavimentos permeáveis em áreas urbanas apresenta-se como um sistema inovador no planejamento de centros urbanos, pois permite uma maior rapidez no escoamento das águas superficiais.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo analisar a percolação pluviométrica pelo pavimento permeável na região do córrego da bacia hidrográfica de Santa Fé do Sul - SP e analisar o seu impacto na variação de vazão anual. As placas de pavimento permeável e impermeável utilizadas neste estudo foram confeccionadas no laboratório de Engenharia Civil do Unifunec, utilizando um traço apresentado no trabalho de Almeida e Braga (2021).

## 2 METODOLOGIA

Para a realização desta pesquisa, optou-se por uma pesquisa bibliográfica, pois esta permitiu ao pesquisador examinar tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre o assunto (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Considerou-se uma pesquisa aplicada, pois foram executadas, no laboratório de engenharia civil do Unifunec, 2 placas de pavimento de concreto, uma de concreto permeável

e uma impermeável que foram colocadas em trechos do córrego estudado, a fim de analisar a sua interferência na vazão.

## 2.1 Materiais

Cimento CP V; Agregado graúdo composto de brita basáltica 1; Água; Formas de PVC e Madeira; Adesivo epóxi; Barbante; Trena; Cronometro; Tampa de garrafa pet, Fita crepe.

## 2.2 Procedimentos para execução do concreto permeável

Para alcançar os resultados esperados desta pesquisa, foram executadas no laboratório de Engenharia Civil do Unifunec as seguintes etapas:

- Com o auxílio de uma betoneira, foram executadas as placas (com traço já usado no trabalho de Almeida e Braga (2021)) para o concreto permeável e o tradicional, o traço é apresentado na Tabela 1.
- Em seguida foi feito o “slump test”, ensaio normatizado pela NBR 16889 (ABNT, 2020).
- Logo após, foram moldadas as placas de concreto permeável e tradicional, tendo tamanho de 30x40 cm cada placa.
- Foram moldados 8 corpos de prova com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura para testar a sua resistência após 7 dias e 28 dias de cura, sendo quatro corpos de prova para cada traço de concreto.
- Após 24 horas, foram desmoldados e colocados em um tanque de cura com temperatura ambiente. Realizando-se o mesmo processo com as placas.
- Ensaio de permeabilidade, segundo as normas NBR 16416 (ABNT, 2015). Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos.

Para obter as diferenças em relação à resistência, à compressão e a permeabilidade, foram usados dois traços diferentes (Tabela 1), sendo um traço base de concreto tradicional e outro traço de concreto permeável, conforme o trabalho de Almeida e Braga (2021).

Tabela 1- Traços com cimento (CP V- ARI) com alta resistência inicial.

Denominação das amostras	Proporção em massa de cada material na mistura (em peso)					
	Cimento	Areia	Brita 1	Brita 0	A/C	Aditivo Plastificante
Concreto Permeável	2	0	4	1	0,5	4%
Concreto Tradicional	1,5	2	4	1	0,45	7%

Fonte: Almeida e Braga (2021).

### 2.2.1 Ensaio de Permeabilidade

Para definir o coeficiente de permeabilidade, durante o ensaio é medido o tempo para que 20 litros de água passem pelo pavimento e assim, de acordo com a NBR 16416 (ABNT, 2015), calcular o coeficiente de permeabilidade do pavimento, como mostra a Equação 1.

$$k = \frac{C \times m}{d^2 \times t} \quad (1)$$

Sendo:

$k$ : coeficiente de permeabilidade.

$m$ : massa de água infiltrada em Kg.

$d$ : diâmetro do cilindro de infiltração em mm.

$t$ : tempo necessário para toda água percolar em segundos.

$C$ : fator de conversão de unidade do sistema SI = 4.583.666.000

Segundo a norma, o revestimento permeável do pavimento deve apresentar coeficiente de permeabilidade maior que  $10^{-3}$  m/s.

### 2.3 Estudo da vazão da bacia hidrográfica em campo

Para avaliação da vazão do corpo hídrico, foram feitos monitoramentos em três trechos do corpo hídrico, a montante, a jusante e média do trecho, as primeiras quatro medições, de abril a julho, antes do uso de pavimentos drenantes e três medidas após o uso do pavimento drenante de agosto a outubro. O córrego localiza-se na bacia urbana em Santa Fé do Sul, SP (Figura 1), coordenada geográfica latitude  $20^{\circ}11'43.71''S$ , longitude  $50^{\circ}55'41.43''O$  e altitude 415 m, em trechos de seção de pequenas dimensões (largura média próxima de 1 m e profundidade máxima de 40 cm), retilíneo (em torno de 6 m) e regular.

Figura 1 - Bacia hidrográfica urbana de Santa Fé do Sul, SP.

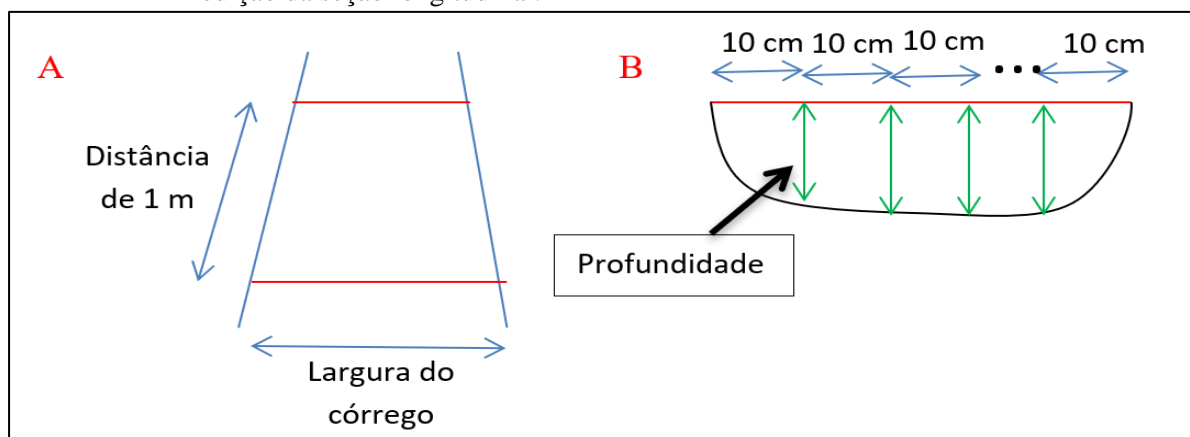


Fonte: Imagem Google Earth, 2021.

### 2.3.1 Levantamento de dados

A variável hídrica foi monitorada por 7 levantamentos realizados em intervalos de aproximadamente 30 dias e, caso haja precipitação no dia, será adiada por dois dias sem ocorrência de chuva para coleta de dados, a fim de regularizar a vazão no momento da coleta, do período de 04/2022 a 10/2022. As vazões absolutas foram medidas pelo método do flutuador, que consiste em duas medições da largura do canal do rio, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Representação da medição de vazão pelo método flutuador, A- medição da seção transversal, B- medição da seção longitudinal.



Fonte: Dos próprios autores.

## 2.4 Cálculo da Vazão e demais parâmetros da bacia hidrográfica

Para o levantamento de dados, foi realizada a análise da vazão do córrego através do método flutuador, sendo assim, foram coletados dados a cada 30 dias. Em caso de chuva no dia ou dois dias antes, foram esperados dois dias para que se estabilize a vazão.

Foram estudados três trechos do córrego para a análise da vazão.

Nos trechos escolhidos, foi medida a distância de um metro e marcada com barbante. Após isso, mediu-se a profundidade a cada 10 cm de um lado ao outro do córrego, para retirar a área do trecho (sendo esses dados tratados no software AutoCad para obtenção da área), como mostrado na Figura 2.

Com o auxílio de uma tampa de garrafa pet e um cronômetro, foi marcado o tempo que a tampa levou para percorrer a distância de um metro demarcado pelo barbante.

Com os dados obtidos, e por meio das Equações (2) e (3) pode-se obter a vazão de cada trecho analisado no córrego.

$$V = 0,85 \cdot \left(\frac{D}{T}\right) \quad (2)$$

Sendo:

$V$  - Velocidade de escoamento (m/s);

$D$  - Distância (m);

$T$  - Tempo de média de 5 tempos de percurso do flutuador.

$$Q = V \cdot A \quad (3)$$

Sendo:

$Q$  - Vazão (m<sup>3</sup>/s)

$V$  - Velocidade de escoamento (m/s);

$A$  - Média das áreas das seções (m<sup>2</sup>);

A metodologia utilizada para avaliar o escoamento superficial da bacia<sup>©</sup>, que é a parcela da água da chuva que esco superficialmente após um evento chuvoso pode ser obtida pela Equação 4:

$$C = \left(\frac{2}{1+F}\right) \cdot \left(\frac{C_2}{C_1}\right) \quad (4)$$

Sendo:

$F$  – Fator de forma da bacia (adimensional);

$C1$  – Coeficiente de forma (adimensional);

$C2$  – Coeficiente volumétrico de escoamento (adimensional).

O fator de forma da bacia será determinado pela equação 5:

$$F = \frac{L}{2 \cdot \left(\frac{A}{\pi}\right)^{0,5}} \quad (5)$$

Sendo:

$L$  – Comprimento do leito principal (km);

$A$  – Área de drenagem (km<sup>2</sup>).

O coeficiente de forma da bacia será determinado pela equação 6:

$$C_1 = \frac{2}{1+F} \quad (6)$$

Sendo:

$C1$  – Coeficiente de forma (adimensional);

$F$  – Fator de forma da bacia (adimensional).

O coeficiente volumétrico de escoamento foi obtido pela Equação 7:

$$C2 = \frac{\sum A_i \times C_i}{A} \quad (7)$$

Sendo:

$C2$  - Coeficiente volumétrico de escoamento;

$A_i$  - Área de cada uso e ocupação,

$C_i$  - Coeficiente de escoamento superficial de cada uso e ocupação.

A caracterização do uso e ocupação do solo, a impermeabilização urbana e conectividade hidráulica com loteamentos urbanos, bem como o coeficiente de escoamento superficial têm sido detalhadas e consideradas em alguns estudos, entre eles: Boyd, Bufill e Knee (1993; 1994); Lee e Heaney (2003); Fontes e Barbassa (2001, 2003), Garotti e Barbassa (2005); Garotti, Imoto e Barbassa (2007). Esses estudos forneceram importantes relações com outros parâmetros urbanos de fácil acesso, tais como taxa de ocupação, área de lote, entre

outros, o que facilita a estimativa e utilização do coeficiente de escoamento no processo de planejamento urbano.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Ensaios de laboratório

Antes da dosagem de concreto foi necessário conhecer as propriedades da areia e da brita, a fim de usar o traço de Almeida e Braga (2021). A areia apresentou uma umidade de 0,14%, já a brita, 1 de 1,10%. Após a determinação dos teores de umidade, realizou-se o ensaio de granulometria.

#### 3.2 Caracterização do concreto

**a) Abatimento do trono de cone:** Depois de produzir o concreto e antes de moldar os corpos de prova, foi realizado o ensaio de “slump test”, normatizado pela NBR NM 16889 (ABNT, 2020), cujo objetivo foi analisar a consistência do concreto em estado fresco, tendo como resultado o valor de abatimento igual a 11 cm.

**b) Moldagem dos corpos de prova:** Foram moldados 8 corpos de prova com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura para cada composição, seguidos pela NBR 5738 (ABNT, 2016), como observado na Figura 3. Depois de 24h, foram desinformados e colocados em um tanque de cura, com temperatura ambiente, por 28 dias.

Figura 3 – Corpo de prova moldado



Fonte: Dos próprios autores.

**c) Ensaio de resistência à compressão axial** - Seguiu a norma NBR 5739 (ABNT, 2007) e foram realizados em 4 corpos de prova, sendo dois permeáveis e dois impermeáveis, aos 7 dias,

e os demais, aos 28 dias. A Figura 4 mostra o ensaio de compressão axial aos 28 dias. O Quadro 2 traz os resultados obtidos.

Figura 4 – Ensaio de compressão axial aos 7 dias.

(a) Concreto Tradicional



(b) Concreto Permeável



Fonte: Dos próprios autores.

Quadro 2 - Resistência dos traços após os ensaios de compressão axial.

-	7 dias	28 dias
<b>Concreto Permeável</b>	3,4 Mpa	4,5 MPa
<b>Concreto Tradicional</b>	10,8 Mpa	14,4 MPa

Fonte: Fonte: Dos próprios autores.

No Quadro 2, pode-se observar que houve uma diferença considerável entre os tipos de concreto. Por ser um concreto com maior índice de vazios e destinados a cargas leves, o concreto permeável apresenta uma resistência menor que o concreto comum, porém o resultado é satisfatório, pois, segundo a NBR 9781 (ABNT, 2013), a resistência à compressão mínima necessária para pavimentos de tráfego leve deve variar de 2 a 35MPa.

O pavimento permeável não apresentou grande capacidade de compressão, dessa forma, ele é indicado para ser utilizado em áreas de estacionamentos ou ruas com baixo volume de tráfego.

### 3.3 Moldagem das placas para análise de permeabilidade

Para realizar o ensaio de permeabilidade, foram moldadas placas de concreto de 300x400x60mm. A moldagem da placa foi realizada na mesma data da moldagem do corpo de

prova. O concreto permeável e o impermeável foram colocados nos moldes sobre uma superfície plana, preparados previamente com uma camada de desmoldante. O concreto foi adicionado em camadas, com cada camada sendo compactada com 24 golpes para que houvesse o adensamento do concreto. Após esse processo, o conjunto ficou em repouso por 24 horas para cura inicial, em seguida, foi desmoldado e colocado em um recipiente com água, para o processo de cura submersa do concreto. Aos 28 dias, foi realizado o ensaio de permeabilidade (Figura 5).

Figura 5 – Ensaio de permeabilidade



Fonte: Dos próprios autores.

### 3.3.1 Resistência mecânica e espessura mínima

O revestimento permeável deve atender as especificações da NBR 16416 (ABNT, 2015), no caso de placa de concreto permeável para tráfego leve (como praças e calçadas), a resistência mecânica (espessura mínima de 60,0mm) deve ser maior ou igual a 2,0MPa

Ainda de acordo com a NBR 16416 (ABNT, 2015), o concreto permeável deve seguir os níveis de permeabilidade estabelecidos pela norma, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Níveis de permeabilidade

Coeficiente de permeabilidade k								Grau de permeabilidade
m/s		mm/s		mm/min		litros/min		
>	1,00 <sup>-3</sup>	>	1,00000	>	60,0	>	60,00	<b>Alta</b>
1,00 <sup>-3</sup>	1,00 <sup>-5</sup>	1,0000	0,01000	60,0	0,6000	60,00	0,6000	<b>Média</b>
1,00 <sup>-5</sup>	1,00 <sup>-7</sup>	0,01000	0,000100	0,60	0,00600	0,60	0,0060	<b>Baixa</b>
1,00 <sup>-7</sup>	1,00 <sup>-9</sup>	0,0001	0,000001	0,01	0,00006	0,006	0,00006	<b>Muito Baixa</b>
<	1,00 <sup>-9</sup>	<	0,000001	<	0,00006	<	0,00006	<b>Praticamente Impermeável</b>

Fonte: Adaptado da NBR 16416 (ABNT, 2015).

### 3.3.2 Análise da permeabilidade

A Tabela 4 apresenta o coeficiente de permeabilidade encontrado no ensaio. A placa de concreto permeável apresentou uma permeabilidade alta ( $>10^{-3}$  m/s), além de atingir o mínimo requerido pela NBR 16416 (ABNT, 2015) quanto à resistência, demonstrando a possibilidade de seu uso em locais de tráfego leve.

Tabela 4 - Coeficiente de escoamento superficial.

Traço	Água (L)	Tempo de escoamento(s)	$k$ (mm/h)	$k$ (m/s)
Concreto permeável	20	389,2	23554,30	$6,54 \cdot 10^{-3}$
Concreto comum	20	0	0	0

Fonte: Dos próprios autores.

### 3.4 Escoamento superficial

Os coeficientes e fatores que foram utilizados para a determinação do coeficiente de escoamento da bacia, (Figura 6).

Figura 6 - Bacia hidrográfica do córrego analisado.



Fonte: Dos próprios autores.

A fim de se obter o coeficiente de escoamento superficial (C), calcularam-se o fator de forma da bacia (F), o coeficiente de forma da bacia (C1) e o coeficiente volumétrico de escoamento (C2). A Tabela 5 traz o resultado do coeficiente de escoamento superficial.

Tabela 5 - Coeficiente de escoamento superficial.

Cálculo do coeficiente de escoamento superficial - C			
Fator de forma	Coeficiente de forma	Coeficiente volumétrico de escoamento	coeficiente de escoamento superficial
1,3765	1,1847	0,5791	0,4114

Fonte: Dos próprios autores.

A variação de vazão determina o quanto a bacia é suscetível a enchentes, pois quanto maior for a variação, maior será o volume de escoamento em um curto período. O fator de forma da bacia é definido pela relação entre a largura média da bacia e seu comprimento axial.

Analisando os dados obtidos (Tabela 5), tem-se que o fator de forma resultou em 1,3, mostrando que a bacia tem um formato mais alongado. O gráfico da Figura 7 demonstra a variação da vazão (Tabela 6) obtida no levantamento de campo nos diferentes meses.

Tabela 6 - Vazões Absolutas sem o uso da placa permeável.

	Vazão (m <sup>3</sup> /s)			
	Abril	Maiο	Junho	Julho
<b>Trecho 1</b>	0,00397	0,00312	0,00334	0,00273
<b>Trecho 2</b>	0,0046	0,00346	0,00377	0,00384
<b>Trecho 3</b>	0,00722	0,00495	0,00397	0,00416

Fonte: Dos próprios autores.

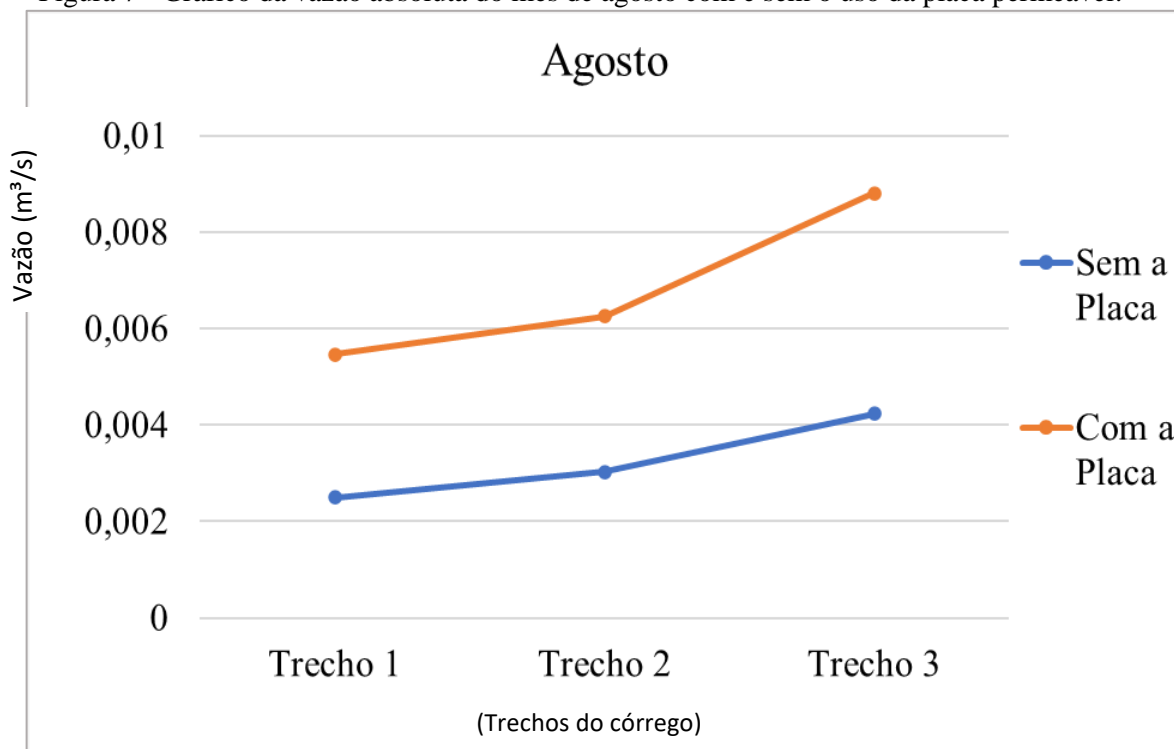
Com o objetivo de analisar se há variação na vazão do córrego com o uso do pavimento permeável nas calçadas e/ou em áreas próximas ao córrego, foram feitas medições nos mesmos pontos estudados com a placa permeável (executada no laboratório), e feito a comparação. Os dados obtidos são apresentados na Tabela 7 e representados nas Figuras 7,8 e 9.

Tabela 7 - Vazões Absolutas com e sem o uso da placa permeável.

	Vazão (m <sup>3</sup> /s)					
	Agosto		Setembro		Outubro	
	Sem a Placa	Com a Placa	Sem a Placa	Com a Placa	Sem a Placa	Com a Placa
<b>Trecho 1</b>	0,00249	0,00297	0,00340	0,00361	0,00321	0,00339
<b>Trecho 2</b>	0,00303	0,00322	0,00386	0,00438	0,00357	0,00397
<b>Trecho 3</b>	0,00423	0,00457	0,00497	0,00529	0,00439	0,00473

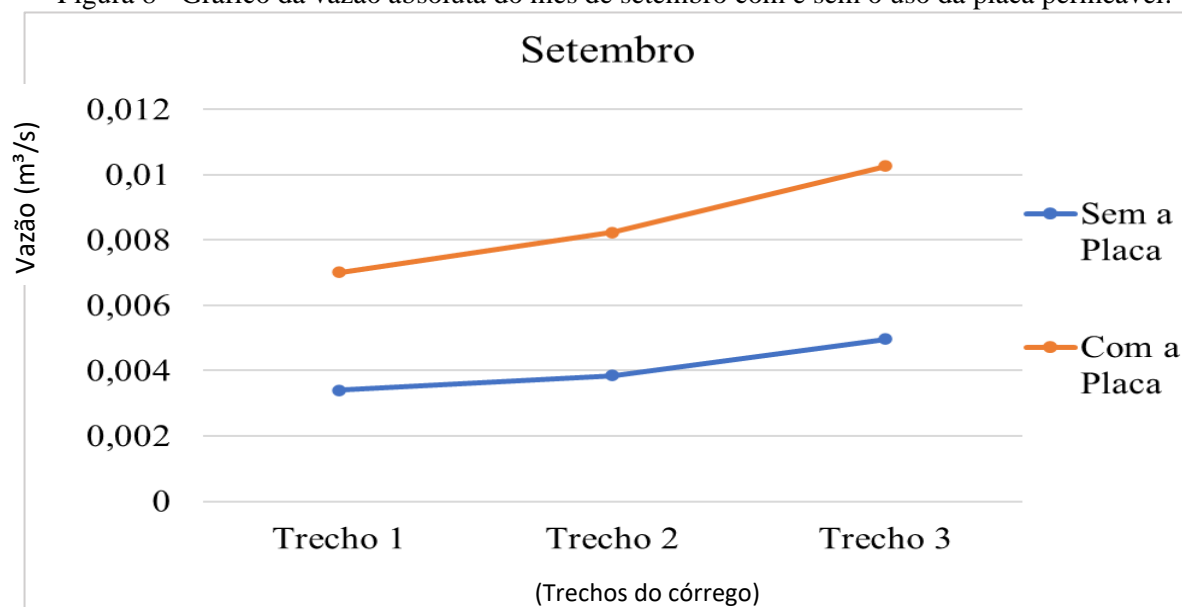
Fonte: Dos próprios autores.

Figura 7 - Gráfico da vazão absoluta do mês de agosto com e sem o uso da placa permeável.



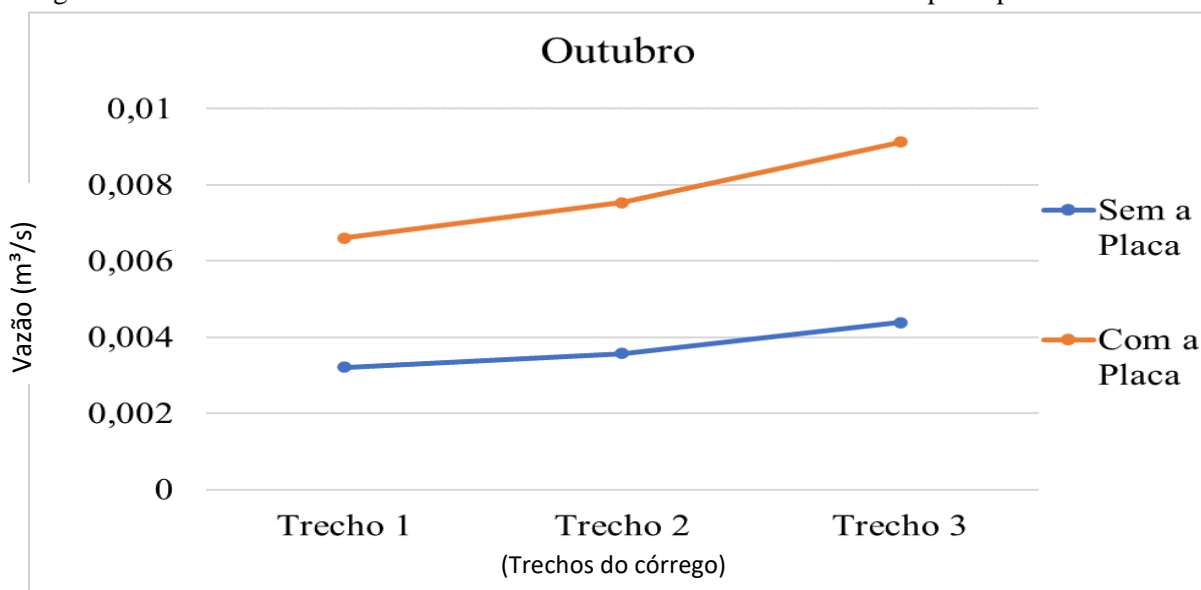
Fonte: Dos próprios autores.

Figura 8 - Gráfico da vazão absoluta do mês de setembro com e sem o uso da placa permeável.



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 9 - Gráfico da vazão absoluta do mês de outubro com e sem o uso da placa permeável.



Fonte: Dos próprios autores.

#### 4 DISCUSSÃO

Os dados obtidos permitiram definir o formato a bacia, sendo mais alongado, assim, tende-se a ter um risco menor de enchentes, contudo ainda há a possibilidade de enchentes, assim o uso do pavimento permeável pode ajudar a melhorar o escoamento superficial e o retorno da água de chuva para o lençol freático, ou mesmo para o córrego.

Isso ficou comprovado ao se analisarem os resultados obtidos na medição da vazão do córrego sem e com o uso do pavimento permeável no córrego estudado, ou seja, *in loco*. Notou-se o aumento da vazão em 8,65%, com o uso do pavimento permeável, o que comprovou sua interferência no escoamento superficial. Porém, isso ocorreu porque o pavimento permeável apresentou permeabilidade alta, com um coeficiente (k) maior que  $10^{-3}$  m/s, de acordo a NBR 16416 (ABNT, 2015).

Outro fator analisado foi a resistência à compressão ( $>2,0$ MPa), comprovando que é possível seu uso em locais de tráfego leve, confirmando assim a importância do uso do permeável em áreas próximas a um córrego.

#### 5 CONCLUSÃO

Concluiu-se que o objetivo da pesquisa foi alcançado, pois confirmou-se que o uso de pavimento permeável em locais próximos ao Córrego da Mula, como calçadas e praças,

possibilita o retorno da água de chuva ao córrego, uma vez que houve um aumento da vazão durante o estudo de campo.

Este estudo comprova o que foi demonstrado por Virgillis (2009); Pinheiro, Pinheiro e Crivelaro, (2014); Abreu e Miranda, (2020), Almeida e Braga, (2021), entre outros autores, que o pavimento permeável, ou pavimento drenante, permite a redução de enchentes e o retorno da água de chuva aos cursos d'água, melhorando sua vazão, principalmente, em áreas urbanas.

Portanto, concluiu-se que é possível a utilização de pavimento permeável em áreas de tráfego leve, ou seja, ao redor da bacia, pois, permitirá que as águas da chuva infiltrem no solo e retornem ao córrego, aumentando o escoamento superficial.

Sugere-se que sejam feitas novas pesquisas, com traços de concreto permeável diferentes, utilizando, por exemplo, resíduos de construção civil, a fim de reduzir o uso de recursos naturais, e outra sugestão seria mediar a vazão do córrego em um período de tempo maior, para se analisar o comportamento da vazão com o uso do pavimento permeável em diversos pontos do córrego.

## REFERÊNCIAS

ABREU, R. S. A. de, MIRANDA, T. V. O uso do pavimento permeável como medida auxiliar na drenagem das cidades. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v.5, n. 04, p. 52-74, abr. 2020. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimento-permeavel>. Acesso: 20 jun.2022.

ALMEIDA, H. V.; BRAGA, L. H. MARQUES, C. S. A. **Análise de pavimento permeável aplicado em áreas urbanas para auxiliar na Recuperação de Bacias Hidrográficas**. 2021. (Trabalho Iniciação Científica) - Centro Universitário de Santa Fé do Sul, SP – Unifunec.

ASSOCIAÇÃO BRASIEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 2007. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/1939/nbr5739-concreto-ensaio-de-compressao-de-corpos-de-prova-cilindricos>.

ASSOCIAÇÃO BRASIEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro. 2016. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/1938/nbr5738-concreto-procedimento-para-moldagem-e-cura-de-corpos-de-prova>.

ASSOCIAÇÃO BRASIEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/1387/nbr9781-pecas-de-concreto-para-pavimentacao-especificacao-e-metodos-de-ensaio>.

ASSOCIAÇÃO BRASIEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto – requisitos e procedimentos.** Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/35124/nbr16416-pavimentos-permeaveis-de-concreto-requisitos-e-procedimentos>.

ASSOCIAÇÃO BRASIEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889: Concreto – determinação da consistência pelo abatimento do tronco cone.** Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12956/nbr16889-concreto-determinacao-da-consistencia-pelo-abatimento-do-tronco-de-cone>.

BOYD, M. J.; BUFILL, M. C.; KNEE, R. M. Predicting pervious and impervious storm runoff from urban drainage basins. **Hydrological Sciences Journal**, v. 39, n. 4, p. 321-332, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02626669409492753>.

FONTES, A.R.M.; BARBASSA, A.P. Diagnóstico e prognóstico da ocupação e impermeabilização urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre (RS), v. 8, n. 2, p. 137-147, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v8n2.p137-147>.

GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. Impermeabilização e conectividade de lotes da cidade de Ribeirão Preto - SP. *In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais...* João Pessoa, 2005.

GAROTTI, L. M.; IMOTO, T. S.; BARBASSA, A. P. Uso da área impermeabilidade diretamente conectada como coeficiente de escoamento superficial e comparação com outras estimativas. *In: VII Encontro Nacional de Águas Urbanas. Anais...* São Carlos. v. 1, 2007. Disponível em: [https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/19/060ff239e9dae2bc09d01fef3e171a62\\_079da37c1a744d8f6ee3bfdd196c8e44.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/19/060ff239e9dae2bc09d01fef3e171a62_079da37c1a744d8f6ee3bfdd196c8e44.pdf).

LEE, J. G.; HEANEY, J. P. Estimation of urban imperviousness and its impacts on Storm Water Systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v.129, n.5, p. 321-332. 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2003\)129:5\(419\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2003)129:5(419)).

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 361 p.

MIKAMI, R. J. *et al.* Influência do teor de cerâmica vermelha do agregado reciclado nas propriedades do concreto permeável. **Matéria (R.J.)**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, e12163, 2018. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-70762018000300416&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762018000300416&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 14 abr. 2022.

OLIVEIRA, I. **Concreto permeável com resíduos recicláveis para uso em pavimentação.** 2017. 107 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9018>. Acesso em: 14 abr. 2022.

PINHEIRO, A. L. F. B.; PINHEIRO, A. C. F. B.; CRIVELARO, M. **Tecnologias sustentáveis: impactos ambientais urbanos, medidas de prevenção e controle.** São Paulo: Saraiva Educação, 2014.

TAVARES, L. M.; KAZMIERCZAK, C. S. Estudo da influência dos agregados de concreto reciclado em concretos permeáveis. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais.** São Paulo, v. 9, n. 1, p. 75-89, fev. 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s1983-41952016000100075&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1983-41952016000100075&lng=en&nrm=iso). Acessado em: 16 mai. 2022.

VIRGILLIS, A. L. C de. **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias.** Dissertação (Mestrado). 191p. 2009. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-08092010-122549/publico/Dissertacao\\_Afonso\\_Luis\\_Correa\\_de\\_Virgiliis.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-08092010-122549/publico/Dissertacao_Afonso_Luis_Correa_de_Virgiliis.pdf). Acessado em 16 mai. 2022.