

---

## AVALIAÇÃO DO DECLÍNIO DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM PAVIMENTO DE PAVER DEVIDO AO ACÚMULO DO PÓ CARACTERÍSTICO DO LATOSSOLO VERMELHO

### *EVALUATION OF THE REDUCTION OF WATER INFILTRATION IN PAVER PAVEMENT DUE TO THE DUST ACCUMULATION CHARACTERISTIC OF RED OXISOLS*

Amarildo de Vicente <sup>1</sup>

Wilson Alves de Oliveira <sup>2</sup>

**Resumo:** Este trabalho apresenta os resultados de um experimento que teve como objetivo avaliar o processo de redução da infiltração de água em uma calçada construída com *pavers* em uma região de Latossolo Vermelho. O manuseio desse tipo de solo, combinado com os ventos, costuma gerar uma grande quantidade de partículas que ficam em suspensão e, posteriormente, se depositam em superfícies horizontais, tomando um aspecto argiloso na presença de umidade. Uma calçada de *paver* é feita com peças justapostas e as fendas que ficam entre elas são preenchidas geralmente com areia, a fim de permitir a infiltração da água no solo. Devido ao acúmulo das partículas citadas, essa areia perde a porosidade, dificultando a infiltração. As amostras apresentadas neste trabalho foram obtidas por meio de simulações de chuvas, tendo sido empregados três tipos de areia para o preenchimento das fendas, denominadas, neste estudo, areia normal, areia fina e areia grossa. O experimento foi realizado na cidade de Cascavel, Estado do Paraná, cujo solo é do tipo Latossolo Vermelho Distroférrico. Para os três tratamentos realizados, a análise dos dados indicou que esse sistema de calçada perdeu cerca de 90% de sua eficiência em apenas um ano.

**Palavras-chaves:** Colmatação, Pavimento permeável, *Pavers*.

**Abstract:** This paper presents the results of an experiment that aimed to evaluate the process of reducing water infiltration in a pavement built with pavers in a region with Red Oxisols. Handling of this type of soil, combined with the winds, usually generates a large amount of particles that remain in suspension, which later deposit on horizontal surfaces, assuming a clay-like appearance in the presence of moisture. A paver pavement is constructed with the pieces set side by side, and the cracks between them are usually filled with sand, to allow water to seep into the soil. Due to the accumulation of the aforementioned particles, the sand tends to lose its porosity, making infiltration difficult. The samples presented in this work were obtained through rain simulations using three types of sand to fill the cracks, referred to as normal, fine, and coarse sand. The experiment was carried out in the city of Cascavel in Paraná, where the soil is Dystroferric Red Oxisol. For the three treatments performed, the data analysis indicated that this pavement system lost approximately 90% of its efficiency in just one year.

**Keywords:** Clogging, Permeable pavement, *Pavers*.

---

<sup>1</sup> Universidade do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da UNIOESTE – Cascavel, Brasil, e-mail: Amarildo.vicente@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da UNIOESTE – Cascavel, Brasil, e-mail: oliveiwa@hotmail.com

## 1 Introdução

Com a crescente urbanização das cidades, aumenta-se, consequentemente, a quantidade de calçadas e de pavimentações asfálticas, o que dificulta a infiltração das águas das chuvas no solo. Os resultados são muitas enxurradas e transtornos por elas ocasionados, especialmente nos grandes centros urbanos.

Como tem sido amplamente noticiado, nos últimos anos tem-se observado uma intensificação de catástrofes provocadas pelas chuvas, como consequência de mudanças nas condições climáticas. A preocupação com as questões ambientais tem ocupado lugar de destaque entre dirigentes de quase todo o mundo, visando à adoção de medidas que amenizem os transtornos que já se fazem presentes e que podem se agravar no futuro. Essas medidas devem ser compostas por um conjunto de atitudes pontuais que juntas gerem um grande efeito positivo em prol do meio ambiente. Nas cidades, uma das iniciativas que tem se difundindo em todo o Brasil e no mundo é o uso das chamadas pavimentações permeáveis, que visam a reter parte das águas oriundas das chuvas. Em especial, quando se trata de calçada para pedestres, um dos materiais comumente adotados é o *paver*, um tipo de bloco de concreto que é facilmente encontrado no mercado e que é de fácil colocação. Tais blocos podem ser maciços ou porosos, mas, neste trabalho, o objeto de estudo é o tipo maciço, que será chamado simplesmente de *paver*. As peças desse material são fabricadas de modo que sua colocação deixe uma fenda entre elas, que é preenchida geralmente com areia. O objetivo das fendas é permitir que a água se infiltre e fique retida no solo, evitando que escorra pelas ruas.

A eficiência de um pavimento de *paver* está associado a diversos fatores, entre eles os tipos de sedimentos e matérias orgânicas existentes no local onde é instalado e a manutenção. Selbig et al. (2019) estudaram o desempenho de um pavimento desse tipo na cidade de Madison, Wisconsin, a fim de avaliar sua eficácia em melhorar a qualidade das águas que infiltram no solo com a retenção de impurezas. Eles concluíram que, em apenas um ano, a eficiência do material caiu em 60% por causa da colmatação das fendas. Ainda segundo os autores, para que o sistema apresente um bom funcionamento, são necessárias limpezas periódicas.

Os materiais empregados na instalação desse tipo de pavimento também são importantes para a sua eficiência. Em decorrência disso, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na Norma Brasileira (NBR) 16415 (2015), estabeleceu diretrizes tanto para os *pavers* quanto para os materiais utilizadas na sua colocação, como dimensões, tipo de brita e de areia. No entanto, conforme relatam Bolinar et al. (2019), dependendo da região, às vezes os materiais com as especificações indicadas não são encontrados no mercado, sendo necessário fazer misturas para obtê-los.

A colmatação por causa do acúmulo de detritos ocorre também com os *pavers* porosos, conforme mostram os estudos realizados por Yang et al. (2019) e Tang et. al (2020). No primeiro trabalho, realizado em Adelaide, Austrália, os autores simularam chuvas com três intensidades distintas, conduzindo diferentes quantidades e tamanhos de sedimentos típicos da região citada sobre o pavimento. No segundo experimento, o estudo foi feito também com o uso de sedimentos variados só que, nesse caso, empregou-se um sistema com reservatórios e manômetros, com a água sob pressão hidráulica fluindo por meio do corpo de prova. Em ambos os casos foi comprovada a obstrução da passagem da água. Ainda sobre esse tipo de *paver*, Cui et al. (2019) construíram um sistema experimental para avaliar em tempo real a colmatação provocada pela areia conduzida por chuvas de três intensidades distintas, 100 mm, 150 mm e 200 mm. Eles concluíram que, em 20 minutos de chuva, as taxas de infiltração caíram para 77%, 65% e 56% dos valores iniciais, respectivamente.

Além da questão da permeabilidade, há ainda estudos que visam à utilização de pavimentos de *pavers* para outros fins. O trabalho de Selbig et al. (2019), além de analisar a

colmatação das fendas, também objetivava estudar a capacidade delas na retenção de poluentes conduzidos pelas águas das chuvas, a fim de evitar que esses materiais se infiltrassem no solo. Zhou et al. (2018) desenvolveram um trabalho em que o foco foi a avaliação do impacto econômico com o uso de pavimentos permeáveis e de coberturas vegetais. Carpio et al. (2016), por sua vez, investigaram o efeito de diversos tipos de pavimentos, incluindo o *paver*, na temperatura e no reflexo solar que eles causam em ambientes urbanos, o que poderia gerar desconforto para as pessoas.

Em se tratando de calçadas para pedestres, a utilização de *pavers* vende a ideia de grande eficiência no que diz respeito à retenção de água. No entanto, para a cidade de Cascavel, Paraná, havia indícios de que, com o passar do tempo, essa retenção se tornaria ineficiente, já que a cidade está situada em uma região cujo solo é do tipo Latossolo Vermelho Distroférrico. A razão disso vem do fato de que o manuseio da terra e também o fluxo de veículos em estradas rurais produzem uma grande quantidade de pó, formado por partículas características desse tipo de solo, o qual, na presença de umidade, fica com um aspecto argiloso. Como a região de Cascavel tem um grande potencial agrícola, tal atividade é bastante intensa, o que contribui para que uma grande quantidade de poeira seja produzida. O pó é conduzido pelas correntes de ar e depositado sobre as superfícies planas, incluindo obviamente as calçadas, provocando a colmatação das fendas entre os *pavers*. Esse é o fato motivador da pesquisa aqui relatada.

## 2 Materiais e Métodos

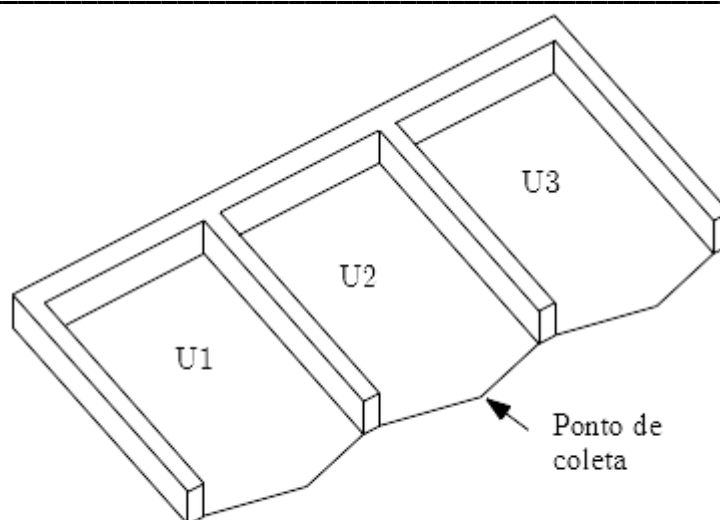
### 2.1 Objeto de estudo

O propósito do trabalho foi a avaliação da eficiência de uma calçada construída com *pavers*, no que diz respeito à retenção de água, no período de julho de 2017 a junho de 2018. Uma calçada desse tipo de material geralmente é feita com peças justapostas, e os vãos existentes entre elas são preenchidos com areia. A pesquisa foi feita considerando um experimento inteiramente casualizado com três repetições no esquema fatorial 3x4, para testar o efeito de três tipos de areia, denominadas normal, fina e grossa (AN, AF e AG), em quatro períodos trimestrais consecutivos (P1, P2, P3 e P4). Para a análise dos dados utilizou-se o software R (2019).

### 2.2 Estruturação da pesquisa-ação

No intuito de realizar a investigação mencionada, construiu-se um protótipo de calçada com inclinação de 1%, adaptada para que fosse possível fazer a coleta de água artificialmente aspergida sobre ela. A construção da calçada experimental foi feita em local privado, a fim de evitar eventuais danos durante o experimento. Essa estrutura ficou assim constituída:

1. Em primeiro lugar, com o uso de tijolos de seis furos, foi construída uma base retangular no solo, dividida em três partes iguais, denominadas unidades experimentais U1, U2 e U3, como se observa na Figura 1.



**Figura 1.** Esquema para as unidades experimentais

Fonte: Autoria própria.

2. Essa base foi coberta com uma lona plástica, o que permitiu que a água infiltrada escorresse para os pontos de coleta, três no total, sem infiltrar no solo.

3. Uma grade metálica coberta com uma tela de nylon foi colocada sobre a base e em cima dela foi depositada uma camada com 3 cm de pó de pedra, material encontrado em depósitos de materiais de construção.

4. Sobre o pó de pedra foram assentados os *pavers* como geralmente são construídas as calçadas desse material (ver Figura 2). O modelo utilizado continha dimensões 20 cm x 10 cm de base e 4,5 cm de altura.

A forma de construção utilizada se justifica pelo fato de que a pesquisa objetivou avaliar separadamente a quantidade de água que atravessou a calçada, que supostamente se infiltraria no solo, e também a característica física da parte que escorreu por cima dela, fato tratado em outro trabalho. Salienta-se que a soma das duas quantidades não perfaz o total de água aplicado sobre o piso, já que uma parte dessa água ficou retida na areia e no pó de pedra.



**Figura 2.** Modelo da calçada utilizada

Fonte: Autoria própria.

5. Para cada uma das unidades experimentais foi empregado um tipo de areia, sendo uma delas a areia comum encontrada em depósitos e outras duas obtidas por meio de peneiramento. A primeira peneira tinha uma malha quadriculada de 2 mm x 2 mm; a segunda tinha uma malha, também quadriculada, de 4 mm x 4 mm. O primeiro tipo de areia citado será denominado areia normal (AN); a areia passada na malha de 2 mm x 2 mm será denominada areia fina (AF); por fim, a areia passada pela malha de 4 mm x 4 mm será chamada de areia grossa (AG). Para a realização do experimento, a AN foi usada na unidade U1, a AF foi usada na unidade U2 e, finalmente, a AG foi utilizada na unidade U3.

6. Além da calçada, montou-se um sistema de irrigação para simular a chuva, formado por uma caixa d'água suspensa a 2 m de altura e por tubos de PVC. O terminal de irrigação foi constituído por um tubo de 20 mm de diâmetro e com 1,5 m de comprimento, contendo 30 furos de 1 mm de diâmetro.

### 2.3 Coleta de dados

Durante os ensaios, parte da água aspergida sobre a calçada escorria por ela. O restante podia ter dois destinos: uma parte infiltrava e escorria para recipientes devidamente colocados para coleta e outra parte ficava retida pelo sistema, composto por *pavers*, areia e pó de pedra. A análise de dados constantes neste trabalho se refere à porção coletada na infiltração, que escorria sobre uma lona plástica colocada para esse fim. O experimento foi feito no município de Cascavel, Paraná, que tem solo do tipo Latossolo Vermelho Distroférrico.

Em cada ensaio, fora empregado um total de 30 litros de água para cada unidade experimental. A água foi jogada sobre a calçada em forma de chuvisco e o tempo gasto para completar o escoamento em cada unidade durava em média 25 minutos. A coleta foi feita em dia sem chuva e a calçada foi sempre molhada 18 horas antes do experimento a fim de manter o padrão de umidade.

Do ponto de vista da Estatística, para aferir uma conclusão plausível sobre determinada investigação, há que se obter uma amostra representativa de dados sobre o fenômeno investigado. Esse fato é importante, pois, para se fazer uma análise de dados rigorosa, é essencial que a amostra se enquadre em uma determinada distribuição de probabilidades. Como pode ser visto, por exemplo, em Morettin e Bussab (2017), quando a amostra tem acima de 30 observações, pode-se aceitar que a média tem distribuição normal. Com base nesse fato, a coleta de dados foi constituída de 36 observações ao longo do período de investigação, nove para cada um dos períodos trimestrais P1 a P4, a fim de que houvesse dados suficientes para que fosse plausível aceitar que a média pudesse se enquadrar em uma distribuição normal, o que traz algumas facilidades no tratamento das informações.

Os dados apresentados na Tabela 1 representam os volumes de água infiltrada, coletados durante o experimento. Esses valores representam apenas a parte que foi possível coletar, já que uma parte dessa água ficou retida pelo sistema (areia, *pavers* e pó de pedra).

## 3 Resultados e discussões

Inicialmente foi realizada a análise de variância preliminar, considerando um experimento inteiramente casualizado com 12 tratamentos e 3 repetições. Verificou-se que o teste F foi significativo ( $p < 0,0001$ ), haja vista que indicou as diferenças entre pelo menos duas médias de tratamentos (ou seja, os tratamentos têm efeitos diferentes sobre a vazão da água que fluiu por baixo da calçada). O desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos foi

realizado para verificar os efeitos dos tipos de areia, dos períodos e da interação. A análise de variância com desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos, no esquema fatorial 3x4, é apresentada na Tabela 2.

**Tabela 1** - Volume de água que infiltrou na calçada, em litros (parte coletada)

| Tratamentos | Repetições |       |       |
|-------------|------------|-------|-------|
|             | 1          | 2     | 3     |
| AN-P1       | 25         | 20,4  | 15,45 |
| AN-P2       | 17         | 15,45 | 15    |
| AN-P3       | 7,39       | 1,5   | 1,05  |
| AN-P4       | 5,35       | 1,45  | 3,6   |
| AF-P1       | 24,5       | 17,35 | 13    |
| AF-P2       | 13         | 13    | 15,5  |
| AF-P3       | 1,5        | 0     | 0,32  |
| AF-P4       | 0,15       | 0,3   | 1,05  |
| AG-P1       | 21         | 19,65 | 27    |
| AG-P2       | 21         | 27    | 14    |
| AG-P3       | 13         | 3,6   | 2     |
| AG-P4       | 3,5        | 1,15  | 2,15  |

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 2** - Análise de variância para o esquema fatorial 3x4

| Causas das variações | GL   | SQ        | QM      | F      | P-valor  |
|----------------------|------|-----------|---------|--------|----------|
| Tipos de areia (A)   | 2    | 127,9     | 63,9    | 4,48   | 0,0222   |
| Períodos (P)         | 3    | 2325,9    | 775,3   | 54,328 | < 0,0001 |
| Interação AxP        | 6    | 33,9      | 5,7     | 0,396  | 0,8741   |
| (Tratamentos)        | (11) | (2487,72) | 226,156 | 15,85  | < 0,0001 |
| Resíduos             | 24   | 342,50    | 14,27   | -      |          |
| Total                | 35   | 2830,22   | -       | -      |          |

Fonte: Autoria própria.

Observa-se na Tabela 2 que o teste  $F$  para a interação (A x P) não foi significativo ( $p = 0,8741$ ), indicando que não existe dependência entre os efeitos dos fatores A (Tipos de areia) e P (Períodos). O teste  $F$  para o fator A (Tipos de areia) foi significativo ( $p = 0,0222$ ), apontando para a existência de diferenças entre pelo menos 2 tipos de areia. O teste  $F$  para o fator P (Períodos) também foi significativo ( $p < 0,0001$ ), demonstrando existir diferenças entre pelo menos 2 períodos considerados.

### 3.1 Teste de Tukey para as médias do fator A (tipos de areia)

Médias encontradas:

$$\hat{m}_{AN} = \frac{128,64}{12} = 10,72,$$

$$\hat{m}_{AF} = \frac{99,67}{12} = 8,31 \text{ e}$$

$$\hat{m}_{AG} = \frac{155,05}{12} = 12,92.$$

Diferença mínima significativa ( $\Delta$ ) obtida:

$$\Delta = q \frac{s}{\sqrt{r}} = 3,53 \frac{\sqrt{14,27}}{\sqrt{12}} = 3,85.$$

Contrastes observados:

$$\hat{Y}_1 = \hat{m}_{AN} - \hat{m}_{AF} = 10,72 - 8,31 = 2,41^{NS},$$

$$\hat{Y}_2 = \hat{m}_{AN} - \hat{m}_{AG} = 10,72 - 12,92 = 2,2^{NS},$$

$$\hat{Y}_3 = \hat{m}_{AF} - \hat{m}_{AG} = 8,31 - 12,92 = -4,61^*.$$

Somente o contraste  $\hat{Y}_3$  foi significativo, ressaltando a diferença entre as médias comparadas. Na prática, quando se utilizou AG, o volume de água que escoou por baixo da calçada foi maior do que quando se utilizou AF.

### 3.2 Teste de Tukey para as médias do fator P (Períodos)

Médias encontradas:

$$\hat{m}_{P1} = \frac{183,35}{9} = 20,37,$$

$$\hat{m}_{P2} = \frac{150,95}{9} = 16,77,$$

$$\hat{m}_{P3} = \frac{30,36}{9} = 3,37 \text{ e}$$

$$\hat{m}_{P3} = \frac{18,7}{9} = 2,08.$$

Diferença mínima significativa ( $\Delta$ ) obtida:

$$\Delta = q \frac{s}{\sqrt{r}} = 3,90 \frac{\sqrt{14,27}}{\sqrt{9}} = 4,91.$$

Contrastes observados:

$$\hat{Y}_1 = \hat{m}_1 - \hat{m}_2 = 20,37 - 16,77 = 3,6^{NS},$$

$$\hat{Y}_2 = \hat{m}_1 - \hat{m}_3 = 20,37 - 3,37 = 17^*,$$

$$\hat{Y}_3 = \hat{m}_1 - \hat{m}_4 = 20,37 - 2,08 = 18,29^*,$$

$$\hat{Y}_4 = \hat{m}_2 - \hat{m}_3 = 16,77 - 3,37 = 13,4^*,$$

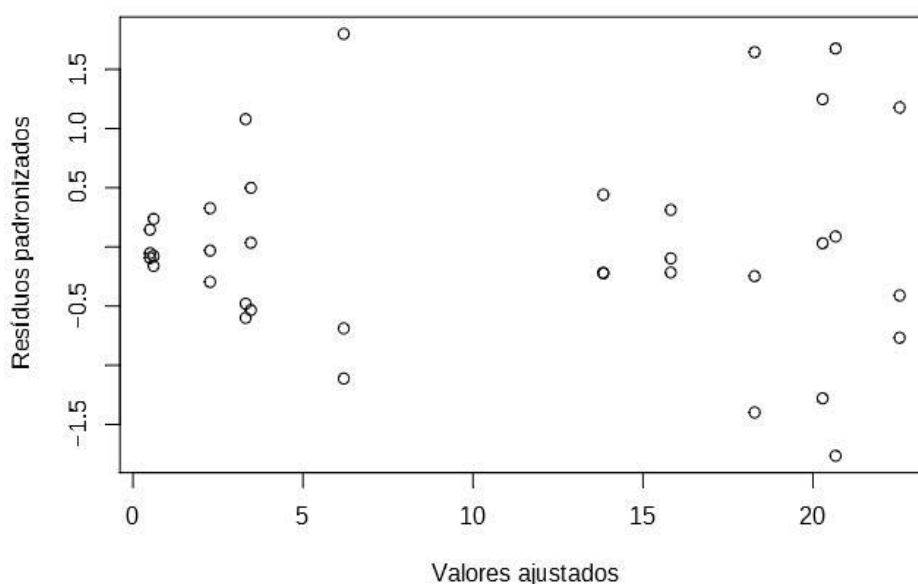
$$\hat{Y}_5 = \hat{m}_2 - \hat{m}_4 = 16,77 - 2,08 = 14,69^* \text{ e}$$

$$\hat{Y}_6 = \hat{m}_3 - \hat{m}_4 = 3,37 - 2,08 = 1,29^{NS}.$$

Os contrastes  $\hat{Y}_2$ ,  $\hat{Y}_3$ ,  $\hat{Y}_4$  e  $\hat{Y}_5$  foram significativos, apontando a diferença entre as médias comparadas. Na prática, o volume de água que escoou por baixo da calçada foi menor no período 3 comparado com os períodos 1 e 2, assim como no período 4 comparado com os períodos 1 e 2.

### 3.3 Análise dos Resíduos

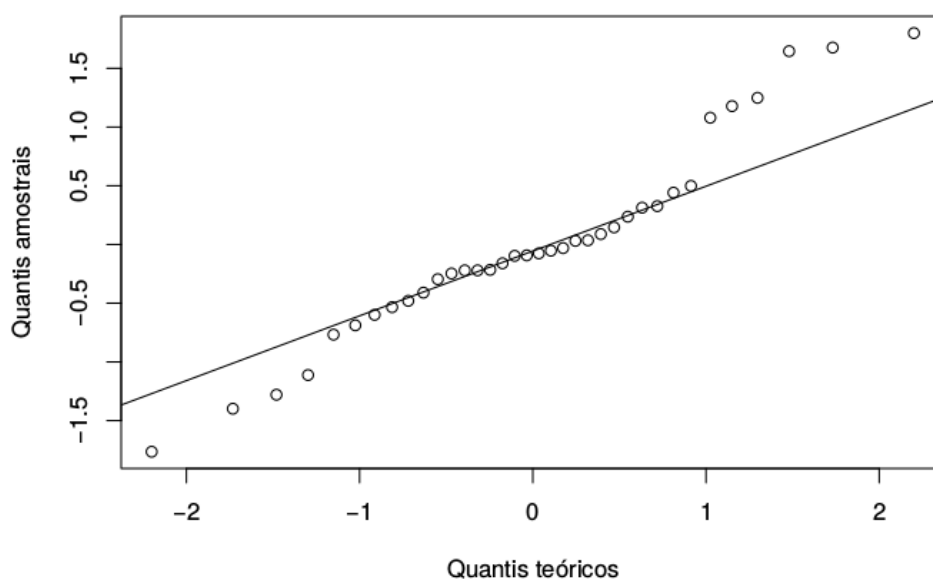
Após a realização da análise de variância verificou-se a qualidade do ajuste por meio da análise dos resíduos. Na Figura 3, visualiza-se o gráfico dos valores ajustados e dos resíduos padronizados. Na figura, nota-se uma distribuição aleatória dos resíduos, de modo que, visualmente, não há evidências de que os resíduos não sejam homogêneos.



**Figura 3.** Valores ajustados vs resíduos padronizados

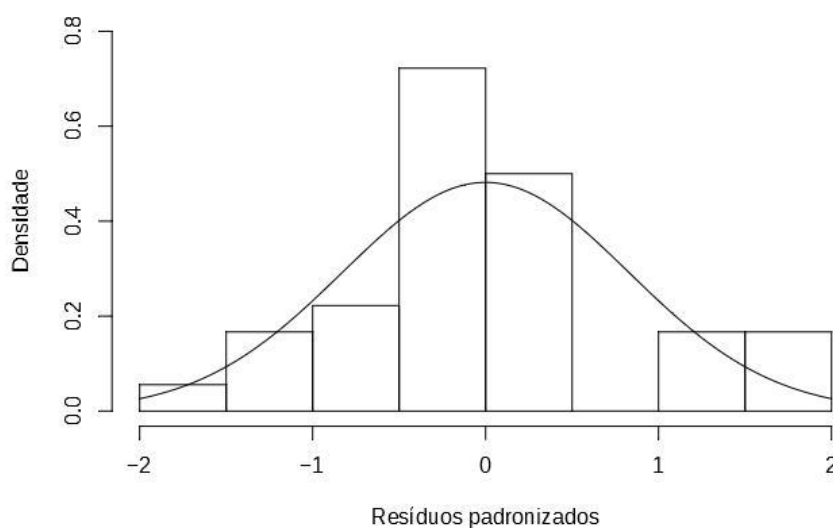
A Figura 4, por sua vez, apresenta o gráfico normal de probabilidades (*Q-Q plot*) dos resíduos padronizados. Observa-se no gráfico normal de probabilidades uma dispersão nos extremos e uma maior concentração dos dados na área central, área de maior probabilidade de ocorrência. Segundo Montgomery et al. (2012), esse tipo de distribuição é chamado de distribuição de cauda leve. A hipótese de normalidade dos resíduos, verificada por meio do teste de *Shapiro-Wilk*, não foi rejeitada ( $p = 0,1254$ ). Assim, não existem evidências para se afirmar que a distribuição dos resíduos não seja normal.





**Figura 4.** Gráfico Normal Probabilidades

O histograma dos resíduos padronizados pode ser observado na Figura 5.

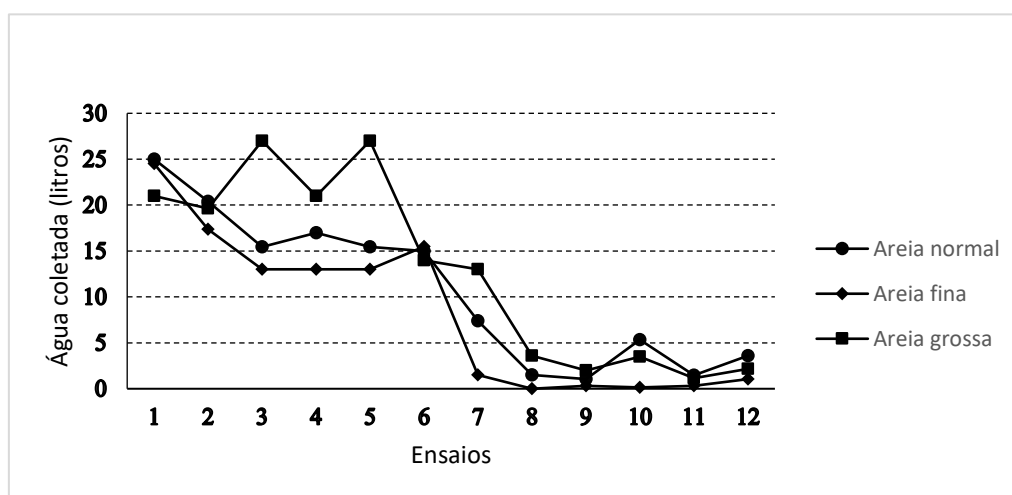


**Figura 5.** Histograma dos resíduos padronizados

### 3.4 Análise de Colmatção

Conforme descrito anteriormente, o solo onde o experimento foi realizado produz uma grande quantidade de partículas que são conduzidas pelos ventos e se depositam sobre as superfícies horizontais, como as calçadas. A água da chuva leva essas partículas para as fendas

dos *pavers*, acumulando-se e formando um material com aspecto de argila, o que impede a percolação da água. Logicamente, outros tipos de detritos, como matéria orgânica, também contribuem para a colmatação. No experimento realizado, o principal responsável pela colmatação foi realmente o acúmulo de pó, já que a calçada foi construída em local a céu aberto. No entanto, em períodos mais chuvosos, notou-se também presença de manchas escuras, ocasionadas pela decomposição de matérias orgânicas. A Figura 6 mostra como ocorreu o declínio da infiltração ao longo do período decorrido, entre julho de 2017 a junho de 2018.



**Figura 6.** Progresso da colmatação

#### 4 Conclusões

Conforme abordado neste trabalho, um dos propósitos de uma calçada feita com *pavers* é a infiltração de água das chuvas, por questões ecológicas e também para diminuir as enxurradas nas ruas das cidades. Todavia, de acordo com os indícios observados na pesquisa realizada para o tipo de solo onde ocorreu o experimento, Latossolo Vermelho Distroférico, esse tipo de construção surtiu o efeito desejado apenas em um curto espaço de tempo, isto é, menos de um ano.

É importante ressaltar que o tipo de solo do município de Cascavel – PR tem uma liga bastante forte, o que contribuiu para o entupimento das fendas existentes entre os *pavers*. E o fato se verificou para os três tipos de areia empregados, normal, grossa e fina.

A taxa de permeabilidade de um pavimento, como destaca Ono (2017), em geral, pode ser obtida pela lei de Darcy, formulada por:

$$k = \frac{mC}{d^2t}$$

em que:

$k$  é a taxa de infiltração (mm/h);

$m$  é a quantidade de água infiltrada (kg);

$d$  é o diâmetro do cilindro delimitador da área estudada (mm);

$t$  é o tempo decorrido para a percolação total da água (s) e

$C$  é o fator de correção para o sistema SI ( $C = 4.583.666.000$ ).

Essa forma de cálculo não se enquadra no experimento realizado, já que não foi empregado o cilindro citado na fórmula anterior. Não obstante, para se ter uma ideia da taxa de infiltração ocorrida, levando-se em conta o volume médio de água infiltrada no período P4 (Tabela 2), o tempo decorrido em cada ensaio, média de 25 minutos, e a área de cada unidade experimental,  $19600 \text{ mm}^2$ , tem-se uma em média de  $7,71 \times 10^{-8} \text{ mm/s}$  para AG,  $1,70 \times 10^{-8} \text{ mm/s}$  para AF e  $1,18 \times 10^{-8} \text{ mm/s}$  para AN. Para obter esses números, empregou-se o mesmo raciocínio utilizado para medir precipitações pluviométricas, dividindo-se os resultados pelo tempo decorrido, em segundos. De acordo com os valores típicos de permeabilidade de solos, indicados pela NBR 16416 (ABNT, 2015), esses resultados indicam uma permeabilidade muito baixa, já que estão entre  $10^{-8}$  e  $10^{-7}$ . A tabela com todos os valores típicos de permeabilidade pode ser vista em Ono (2017, p. 97).

Conclui-se, desse modo, que a forma de construção destacada neste estudo não se mostrou eficiente no local investigado. Obviamente, tal fato não significa que esse material deva ser descartado. Contudo, diante dos resultados, sugere-se que se recorra a alguma alternativa de construção, como o uso de uma faixa de graminea, por exemplo, para receber parte da água que flui sobre a calçada, e também um processo de limpeza periódica.

## Referências

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

BOLINA, C. C., COUTO, R. S., ANDRADE, J. M. S., TENÓRIO, H. O., GOMES, M. I. L. Contribuição ao Estudo de Pavimento Permeável: avaliação da capacidade drenante do paver com juntas alargadas e do sistema drenante. **RENEFARA**. v. 14, n. 1, p. 23-36, 2019.

CARPIO, J. A. V.; MARINOSKI, D. L.; TRICHÊS, G.; LAMBERTS, R.; MELO, V. S. Urban pavements used in Brazil: Characterization of solar reflectance and temperature verification in the field. **Solar Energy**. v. 134, p. 72-81, 2016.

CUI, X., ZHANG, J., HUANG, D., TANG, W., WANG, L., HOU, F. Experimental simulation of rapid clogging process of pervious concrete pavement caused by storm water runoff. **The International Journal of Pavement Engineering**. v. 20, n. 1, p. 24-32, 2019. DOI: 10.1080/10298436.2016.1246889.

DEVORE, Jay L. **Probability and Statistics for Engineering and the Sciences**. 9th ed. Cengage Learning: Boston, MA, 2015.

MONTGOMERY, D. C., PECK, E. A., VINING, G. G. **Introduction to linear regression analysis**. 5th ed., John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, New Jersey, 2012.

MORETTIN, P. A., BUSSAB, W. O. **Estatística Básica**. 9a ed. Saraiva: São Paulo, 2017.

ONO, B. W., BALBO, J. T., CARGNIN, A. P. Análise da capacidade de infiltração em pavimento permeável de bloco de concreto unidirecionalmente articulado. **Transportes**. v. 25, n. 2, p. 90-101, 2017.

---

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. Acessado em 31/03/2020. Web Page <https://www.r-project.org/>

SELBIG, W. R., BUER, N., DANZ, M. E. Stormwater-quality performance of lined permeable pavement systems. **Journal of Environmental Management**. v 251, 2019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109510.

TANG, Y., YAO, X., CHEN, Y., ZHOU, Y., ZHU, D. Z., ZHANG, Y., ZHANG, T., PENG, Y. Experiment research on physical clogging mechanism in the porous media and its impact on permeability. **Granular Matter**. v. 22, Issue 2, 2020. DOI: 10.1007/s10035-020-1001-8.

YANG, Q., BEECHAM, S., LIU, J., PEZZANITI, D. The influence of rainfall intensity and duration on sediment pathways and subsequent clogging in permeable pavements. **Journal of environmental management**. v .246, p.730-736, 2019. DOI 10.1016/j.jenvman.2019.05.151.

ZHOU, L.; SHEN G.; WOODFIN, T.; CHEN, T.; SONG, K. Ecological and economic impacts of green roofs and permeable pavements at the city level: the case of Corvallis, Oregon. **Journal of Environmental Planning and Management**. v. 61, n. 3, p. 430-450, 2018. DOI: 10.1080/09640568.2017.1314859.