XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8311

Blocos de concreto para pavimento permeável com PEAD: avaliação do desempenho e permeabilidade

Concrete blocks for permeable pavement with HDPE: evaluation of performance and permeability

Andrezzo Júlio Dantas Nascimento
Faculdade de Ilhéus | Ilhéus | Brasil | andrezzomoreno@hotmail.com
Geovanne Barbosa do Nascimento
Instituto Federal Baiano | Uruçuca | Brasil | geovanenascimento@gmail.com
Cleverson Alves de Lima
Universidade Estadual de Santa Cruz | Ilhéus | Brasil | clalima@uesc.br
Cleomaria da Mata Macedo
Universidade Estadual de Santa Cruz | Ilhéus | Brasil | cmmacedo.egc@uesc.br
Julia Ramos Fernandes
Universidade Estadual de Santa Cruz | Ilhéus | Brasil | jrfernandes.egc@uesc.br

Resumo

O intenso processo de impermeabilização urbana exige infraestruturas resilientes para a gestão das águas pluviais. Este artigo avalia o desempenho de um pavimento permeável de concreto estruturado com Polietileno de Alta Densidade (PEAD) reciclado, proveniente de telas tapumes. A metodologia baseou-se em ensaios laboratoriais de resistência à compressão, testes de infiltração e na simulação através de um protótipo de captação hídrica. Os resultados evidenciaram que o pavimento supera as exigências normativas para tráfego leve e possui um elevado grau de permeabilidade, reduzindo de forma eficaz o escoamento superficial. Conclui-se que é uma estratégia viável para promover a resiliência em regiões suscetíveis a alagamentos, alinhando-se ao modelo de cidades-esponja. Contudo, para garantir a máxima eficiência hidráulica e viabilizar a reutilização da água, recomenda-se que a sua aplicação seja feita sobre solos com boa permeabilidade natural.
Palavras-chave: Pavimento drenante. Cidades esponja. Resíduos da construção civil.

Abstract

The intense process of urban surface sealing requires resilient infrastructure for stormwater management. This article evaluates the performance of a permeable concrete pavement structured with recycled High-Density Polyethylene (HDPE), sourced from construction safety netting. The methodology was based on laboratory tests of compressive strength, infiltration tests, and simulation using a water harvesting prototype. The results showed that the pavement exceeds the regulatory requirements for light traffic and possesses a high degree of permeability, effectively reducing surface runoff. It is concluded that this is a viable strategy to promote resilience in flood-prone regions, aligning with the sponge city model. However, to ensure maximum hydraulic efficiency and enable water reuse, it is recommended that its application be carried out on soils with good natural permeability.
Keywords: Drainage pavement. Sponge cities. Construction waste.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8311

INTRODUÇÃO

O escoamento superficial das águas pluviais em áreas urbanas é um dos maiores desafios do planejamento urbano, pois, é responsável por problemas de ordem pública, como enchentes e alagamentos frequentes [1]. Com base nisso, o urbanismo moderno tem buscado soluções mais sustentáveis como as “cidades esponja”, que são cidades que visam restaurar a capacidade do ambiente construído de absorver, reter e infiltrar a precipitação, transformando um problema recorrente em um recurso hídrico com potencial de reaproveitamento [2].

A operacionalização dessas cidades baseia-se na integração sistêmica das infraestruturas verdes e azuis. As infraestruturas verdes englobam sistemas naturais ou naturalizados, como jardins de chuva e biovaletas, projetados para aumentar as áreas permeáveis e promover a infiltração local [3]. Ademais, as infraestruturas azuis se referem aos corpos hídricos e estruturas de retenção, como bacias de amortecimento e lagos urbanos, que atuam no armazenamento e na condução controlada do deflúvio [4]. A atuação conjunta dessas infraestruturas não apenas permite a redução dos picos de vazão, mas também promove uma resiliência hídrica urbana significativa [5].

Nesse cenário de modelos urbanos mais resilientes, o pavimento permeável entra como um elemento para a microdrenagem. Visto que, diferente dos pavimentos convencionais, dialoga diretamente com as diretrizes das infraestruturas verdes. Esses revestimentos permitem a percolação da água através de sua matriz porosa [6], reduzindo o volume do escoamento superficial e viabilizando a recarga de aquíferos ou a captação para reuso não potável. No Brasil, a ABNT NBR 16416/2025 normatiza a aplicação desses sistemas, estabelecendo critérios para assegurar sua eficiência hidráulica e mecânica.

Em paralelo às questões relacionadas à drenagem urbana, o setor da construção civil enfrenta a necessidade da mitigação e destinação adequada de seus resíduos sólidos. O Polietileno de Alta Densidade (PEAD), material amplamente utilizado em canteiros de obras, apresenta elevadas taxas de descarte apesar de possuir propriedades mecânicas relevantes, como alta durabilidade, resistência mecânica e flexibilidade, características que indicam potencial para reutilização em novas aplicações construtivas [7].

Integrando a demanda por controle do escoamento superficial à valorização de resíduos sólidos, este artigo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento e avaliar o desempenho de um pavimento permeável de concreto estruturado internamento com PEAD. Além disso, busca-se avaliar as propriedades do compósito, focando na sua resistência mecânica à compressão e no coeficiente de infiltração. Ademais, busca-se verificar sua aplicação prática por meio do desenvolvimento de um protótipo voltado à captação de água da chuva para irrigação paisagística.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8311

METODOLOGIA

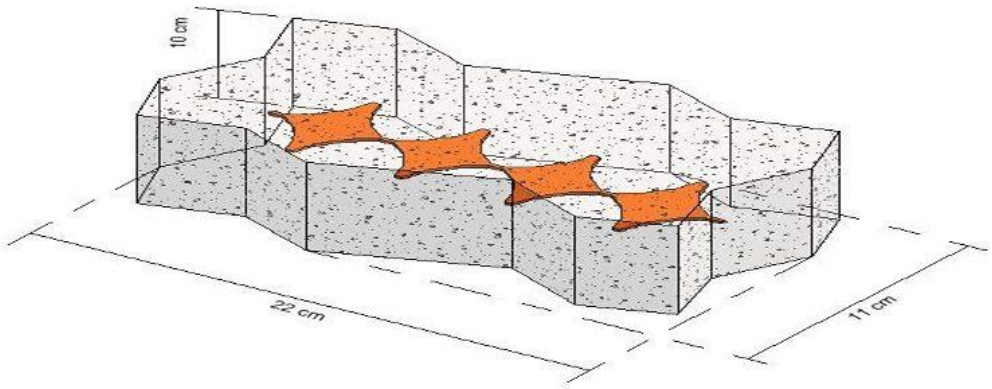
A presente pesquisa caracteriza-se por uma abordagem quantitativa e experimental, dividida em três fases: (i) revisão de literatura técnica e normativa; (ii) fabricação dos compósitos e execução de ensaios laboratoriais mecânicos e hidráulicos; e (iii) aplicação de um protótipo para validação do escoamento e reuso da água.

CONCEPÇÃO DOS CORPOS DE PROVA E PROCESSO DE CURA

A etapa de dosagem e fabricação dos corpos de prova baseou-se nos requisitos estabelecidos pelas normas ABNT NBR 16416/2015 [8] e ABNT NBR 9781/2014 [9], que orientam a execução de peças de concreto destinadas à pavimentação. Em conjunto, a composição granulométrica dos agregados utilizados na matriz cimentícia atendeu os critérios da ABNT 7217/1987 [10]. Seguindo as etapas metodológicas das normas, os blocos de concreto permeável foram moldados no formato sextavado, com dimensões padronizadas de 25 x 25 x 8 (arestas e altura), conforme Figura 1.

Como contraste ao método construtivo tradicional, a matriz de concreto permeável recebeu uma estruturação interna em Polietileno de Alta Densidade (PEAD). Esse material foi obtido a partir do reaproveitamento de resíduos de “telas tapumes”, frequentemente descartadas na construção civil.

Figura 1 - Representação da estrutura interna do piso permeável



Fonte: o autor

Após a etapa de moldagem e inserção da armadura polimérica, as peças foram submetidas a um processo de cura, em câmara úmida recoberta por lonas plásticas. Esse procedimento garante a manutenção da umidade ideal para hidratação do cimento, que consiste em um fator determinante para o alcance da resistência mecânica normatizada (Figura 2).

Figura 2 - Processo de cura com lona plástica de coloração escura



Fonte: o autor

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO

Com o objetivo de conferir a sua viabilidade perante as solicitações de tráfego, foram conduzidos ensaios de resistência mecânica à compressão uniaxial, seguindo os parâmetros normativos da ABNT NBR 9781/2013. Os testes em laboratório foram realizados utilizando uma prensa manual, com capacidade para 100 toneladas/força e equipada com leitor digital. Essa etapa busca verificar se o travamento promovido pelas membranas de PEAD confere ductilidade e suporte de carga suficiente para atender às exigências normativas de áreas de tráfego leve.

ENSAIOS DE PERMEABILIDADE E COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO

O desempenho hidráulico dos revestimentos foi mensurado a partir da determinação do coeficiente de infiltração, utilizando o método de ensaio *in situ* proposto pela norma internacional ASTM C1701 [11].

Os ensaios de permeabilidade foram realizados em duas configurações distintas. A primeira consistiu em uma análise unitária, na qual se empregou um aparato sextavado confeccionado especificamente para o teste individual do bloco, possuindo diâmetro nominal de 250 mm. Em complemento, a segunda configuração, com uma análise sistema, foi por meio de uma bancada flutuante de 1 m², onde se utilizou um tubo cilíndrico de 300 mm posicionado diretamente sobre os blocos já devidamente assentados e rejuntados.

Os cálculos do coeficiente de infiltração (I), expresso em mm/h e convertido para m/s, basearam-se na equação derivada da Lei de Darcy indicada pela ABNT NBR 16416/2015:

$$I = \frac{K \cdot M}{D^2 \cdot t}$$

Onde K representa a constante de conversão (4.583.666.000), M a massa de água infiltrada em kg, D o diâmetro do cilindro interno em mm, e t o tempo de infiltração em segundos (Figura 3).

Figura 3 - Teste de permeabilidade no aparato individualizado (a) e em tubo de cor azul na bancada adapta de um metro quadrado de pisos permeável (b)



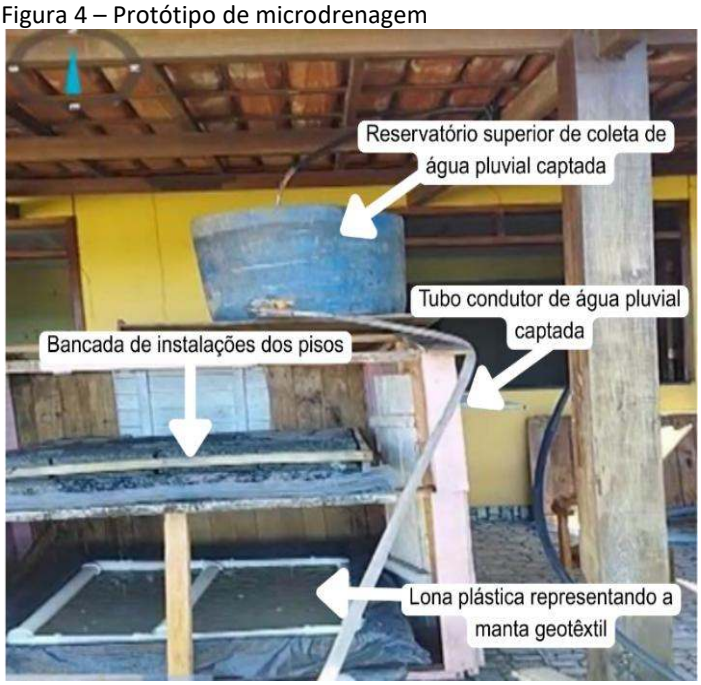
Fonte: o autor

CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DE MICRODRENAGEM

A etapa final da metodologia consistiu na construção de um protótipo físico de microdrenagem em uma bancada de ensaio de 1 m², com o objetivo de avaliar, na prática, a dinâmica do escoamento e o potencial de reuso hídrico do sistema. A montagem da estrutura replicou as etapas convencionais de execução de um pavimento permeável em escala real. Inicialmente, depositou-se uma camada de base composta por brita compactada, seguida por uma camada de assentamento constituída de pó de pedra e areia para o nivelamento. Sobre essa base, foram assentados os blocos sextavados de concreto permeável estruturados com PEAD. A etapa de pavimentação foi finalizada com o rejuntamento das peças utilizando areia e pó de pedra, procedimento adotado com o intuito de promover o intertravamento dos blocos e manter a permeabilidade do sistema.

Para a simulação da captação e do direcionamento hídrico, o protótipo foi integrado a um sistema hidráulico composto por tubulações de PVC, um reservatório de 100 litros e uma bomba de sucção submersa. Essa configuração foi projetada para reproduzir o percurso completo da água durante um evento de precipitação: desde a infiltração superficial pelo revestimento e o armazenamento provisório nas camadas granulares, até a captação final no reservatório (Figura 4). Por fim, a estrutura contemplou um mecanismo de bombeamento destinado ao reuso da água armazenada, montado com a finalidade de simular a alimentação de um sistema de irrigação por aspersão voltado a jardins residenciais.

Figura 4 – Protótipo de microdrenagem



Fonte: o autor

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os ensaios físicos e hidráulicos evidenciaram o elevado desempenho técnico do pavimento permeável estruturado com resíduos de PEAD, comprovando sua viabilidade como elemento ativo de infraestrutura verde para a microdrenagem urbana.

DESEMPENHO MECANICO À COMPRESSÃO

A avaliação da resistência mecânica revelou que o compósito de concreto com PEAD suportou tensões elevadas de carga. Os corpos de prova ensaiados atingiram um valor médio de resistência à compressão de 39,2 MPa, apresentando um desvio padrão de 3,07 Mpa (Figura 5).

Figura 5 - Piso permeável em teste de resistência à compressão



Fonte: o autor

Quando confrontados com os parâmetros da ABNT NBR 16416/2015, que estipula uma resistência mínima de 20 MPa para o emprego de pavimentos permeáveis em áreas de tráfego leve, os resultados demonstram que o revestimento desenvolvido supera

significativamente as exigências normativas. Visto que os resultados foram satisfatórios, constatou-se que a inserção das membranas de PEAD atuou de forma eficaz na estrutura interna da peça, provendo maior ductilidade e mitigando a propagação de fissuras sob esforços de ruptura, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado do teste de resistência do piso de concreto com PEAD

Nº do Exemplar	Resistência (Mpa)	Fator de Correção	Resistencia Corrigida (Mpa)	Desvio Padrão (Mpa)	fpk (Mpa)
1	39,20	1,05	41,10	3,07	39,20
2	41,40	1,05	43,50		
3	43,50	1,05	45,60		
4	40,00	1,05	42,00		
5	40,70	1,05	42,70		
6	47,60	1,05	49,90		

Fonte: o autor

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO HIDRÁULICO

Em relação a permeabilidade, os resultados obtidos por meio da aplicação do método normativo ASTM C1701 atestaram a elevada capacidade hidráulica do sistema. No ensaio sistêmico, realizado na bancada flutuante de 1m² o pavimento registrou um coeficiente de infiltração de $2{,}67 \times 10^{-4}$m/s após 191,79 segundos de teste. Por outro lado, nos ensaios executados no aparato unitário individualizado, a velocidade de percolação foi ainda mais expressiva, atingindo a marca de $11{,}40 \times 10^{-4}$ m/s.

Comparando estes índices com os valores típicos de permeabilidade propostos na literatura o pavimento avaliado enquadra-se no grau de permeabilidade que varia entre os níveis médio e alto. Essa rápida taxa de absorção garante o controle efetivo do escoamento superficial em eventos de precipitação intensa, conforme apresentado na Tabela 2 e 3.

Tabela 2 - Resultados coletados pelo teste de infiltração ASTM C1701

Local	*Volume de água (L)*	*Tempo (s)*	*Infiltração (mm/h)*	*Infiltração (m/s)*
Bancada protótipo	3,6	58,10	3155,71	$8{,}83 \times 10^{-4}$
		93,87	1953,20	$5{,}47 \times 10^{-4}$
		191,79	955,97	$2{,}67 \times 10^{-4}$

Fonte: o autor

Tabela 3 - Resultados coletados pelo teste de infiltração do aparato

Local	*Volume de água (L)*	*Tempo (s)*	*Infiltração (mm/h)*	*Infiltração (m/s)*
Equipamento aparato	3,6	64,88	4069,35	$11{,}40 \times 10^{-4}$
		107,23	2462,18	$6{,}89 \times 10^{-4}$
		113,61	2323,61	$6{,}50 \times 10^{-4}$

Fonte: o autor

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE DRENAGEM

A simulação *in loco* confirmou a viabilidade operacional do piso dentro do conceito de cidades esponjas. A precipitação simulada sobre o pavimento de 1m² foi eficientemente infiltrada pela matriz porosa e pelas juntas, sendo direcionada sem perdas para a infraestrutura de captação instalada no subleito simulado.
Através do acionamento do sistema de bombeamento submerso, o deflúvio captado foi transportado para o reservatório superior. Posteriormente, o volume hídrico armazenado foi injetado em um sistema de aspersão, realizando com eficiência a irrigação paisagística de um jardim adjacente. Este ensaio prático corrobora a tese de que a microdrenagem, quando integrada a polímeros reciclados, pode transcender a simples mitigação de alagamentos, atuando ativamente na segurança e no reuso hídrico urbano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos evidenciam a viabilidade técnica e ambiental do desenvolvimento de pavimentos permeáveis de concreto com a incorporação de Polietileno de Alta Densidade (PEAD). Os ensaios realizados no compósito atenderam aos requisitos normativos, apresentando resistência mecânica adequada e um coeficiente de infiltração capaz de absorver e direcionar eficientemente o escoamento superficial. Essa combinação mostra o potencial do material tanto na destinação adequada de resíduos da construção civil quanto na composição de sistemas de microdrenagem.

Na perspectiva do planejamento urbano, a aplicação prática dessa tecnologia atua como um elemento estruturante para atingir o modelo de “cidade esponja”. A substituição de superfícies impermeáveis convencionais por revestimentos drenantes minimiza a sobrecarga dos sistemas tradicionais de drenagem. Ao ampliar a capacidade da infraestrutura de absorver e gerenciar grandes volumes pluviométricos, promove-se de maneira efetiva a resiliência urbana.

Contudo, para que a infraestrutura atinja sua eficiência hidráulica máxima, é necessário considerar as condições geotécnicas do local. A capacidade de escoamento não depende exclusivamente da porosidade do revestimento, mas está intrinsecamente ligada à taxa de percolação solo. Sendo assim, a recomendação técnica para o uso do pavimento permeável é que o solo natural apresente boa permeabilidade, atendendo aos parâmetros mínimos de infiltração estabelecidos pela ABNT NBR 16416. Em áreas com solos predominantemente argilosos ou com baixo coeficiente de permeabilidade, recomenda-se a adaptação do projeto para sistemas de infiltração parcial ou sem infiltração, com a inclusão de tubulações de dreno.

Por fim, conclui-se que o uso integrado de pavimentos com PEAD e infraestruturas verdes não apenas soluciona problemas de ordem hídrica, mas também viabiliza o reuso não potável da água precipitada, apresentando-se como uma alternativa técnica viável para o desenvolvimento de infraestruturas urbanas mais adaptáveis e sustentáveis.

DECLARAÇÃO

Os Autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

[2] BRILHANTE, Anna Kryslene Viana Chianca. **Transição para cidade-esponja: desafios e oportunidades para a cidade de João Pessoa-PB**. 2022. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.

[3] CORMIER, Nathaniel S.; PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. **Paisagem e Ambiente**, São Paulo, n. 25, p. 127-142, 2008.

[4] HENRIQUE, L. R. B. **Metodologias aplicadas ao planejamento e projeto de infraestrutura verde e azul**. 2025. Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Bauru, 2025.

[5] HERZOG, Cecília Polacow; ROSA, Lourdes Zunino. **Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. Revista Labverde**, São Paulo, n. 1, p. 92-115, 2010.

[6] SILVA, Vinicius Ferraz; LINTZ, Rosa Cristina Cecche. Piso permeável de concreto. **Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP**, Campinas, n. 27, p. 1-1, 2019.

[7] PAREJA, J. A. M. *et al*. **Utilização de polietileno de alta densidade (PEAD) como agregado em substituição a areia na produção de concreto.** *In*: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA, 2., 2009, Maringá. **Anais** [...]. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2009. p. 1-8.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416**: Pavimentos permeáveis de concreto — Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2014

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217**: Agregados — Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

[11] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1701 / C1701M: Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete**. West Conshohocken, PA, 2017.