REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

PAVIMENTO PERMEÁVEL COMO ALTERNATIVA NA MITIGAÇÃO DE INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS

PERMEABLE PAVIMENT AS AN ALTERNATIVE IN MITIGATING FLOODING IN URBAN AREAS

PAVIMENTO PERMEABLE COMO ALTERNATIVA EM LA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

Lorena Correia da Silva[1], Sandra Fabiana Rodgher[2], Fabiana Florian[3]

e6127043
https://doi.org/10.47820/recima21.v6i12.7043

PUBLICADO: 12/2025

RESUMO

O texto aborda a ineficiência da drenagem urbana nas metrópoles brasileiras, agravada pelo crescimento desordenado e pela impermeabilização do solo, que intensificam enchentes e alagamentos com sérios impactos sociais e econômicos, como evidenciado no Rio Grande do Sul. Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade dos pavimentos permeáveis como alternativa sustentável para o manejo das águas pluviais. Em comparação com os pavimentos convencionais, os permeáveis oferecem maior infiltração, reduzem o escoamento superficial, filtram poluentes, recarregam aquíferos e atenuam o efeito de ilhas de calor. Estudos nacionais e internacionais demonstram sua eficácia no controle de vazões e na economia de água por reuso, embora persistam desafios como custos iniciais elevados, necessidade de manutenção, limitações estruturais e ausência de políticas públicas e capacitação técnica. Conclui-se que os pavimentos permeáveis representam uma solução eficiente e ambientalmente vantajosa para a drenagem urbana sustentável no Brasil, ainda que sua aplicação em larga escala dependa da superação de barreiras técnicas e institucionais.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem sustentáveis. Infraestrutura Verde. Pavimentos Drenantes.

ABSTRACT

This text addresses the inefficiency of urban drainage in Brazilian metropolises, aggravated by disordered growth and soil impermeability, which intensify floods and inundations with serious social and economic impacts, as evidenced in Rio Grande do Sul. This work aims to analyze the viability of permeable pavements as a sustainable alternative for stormwater management. Compared to conventional pavements, permeable pavements offer greater infiltration, reduce surface runoff, filter pollutants, recharge aquifers, and mitigate the urban heat island effect. National and international studies demonstrate their effectiveness in controlling flows and saving water through reuse, although challenges persist such as high initial costs, maintenance needs, structural limitations, and the absence of public policies and technical training. It concludes that permeable pavements represent an efficient and environmentally advantageous solution for sustainable urban drainage in Brazil, even though their large-scale application depends on overcoming technical and institutional barriers.

KEYWORDS: *Sustainable drainage. Green infrastructure. Permeable pavements.*

RESUMEN

Este texto aborda la ineficiencia del drenaje urbano en las metrópolis brasileñas, agravada por el crecimiento desordenado y la impermeabilidad del suelo, que intensifican inundaciones con graves

[1] Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.
[2] Orientador. Docente Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.
[3] Coorientador. Docente Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

impactos sociales y económicos, como se evidencia en Rio Grande do Sul. Este trabajo tiene como objetivo analizar la viabilidad de los pavimentos permeables como una alternativa sostenible para la gestión de aguas pluviales. En comparación con los pavimentos convencionales, los pavimentos permeables ofrecen mayor infiltración, reducen la escorrentía superficial, filtran contaminantes, recargan acuíferos y mitigan el efecto isla de calor urbano. Estudios nacionales e internacionales demuestran su eficacia en el control de flujos y el ahorro de agua mediante la reutilización, aunque persisten desafíos como los altos costos iniciales, las necesidades de mantenimiento, las limitaciones estructurales y la ausencia de políticas públicas y capacitación técnica. Concluye que los pavimentos permeables representan una solución eficiente y ambientalmente ventajosa para el drenaje urbano sostenible en Brasil, aunque su aplicación a gran escala depende de la superación de barreras técnicas e institucionales.

***PALABRAS CLAVE**: Drenaje sostenible. Infraestructura verde. Pavimentos permeables.*

1. INTRODUÇÃO

A drenagem urbana nas grandes metrópoles brasileiras é tratada de maneira acessória, resultando em problemas significativos para a gestão das águas pluviais. O crescimento desordenado das áreas urbanizadas, aliado ao uso inadequado do solo, tem contribuído para o aumento da área impermeabilizada do terreno e a consequente redução da capacidade natural de infiltração e armazenamento da água. Esse cenário favorece a ocorrência de enchentes e alagamentos, gerando impactos ambientais, sociais e econômicos.

De acordo com o Perfil dos Municípios Brasileiros (Munic) 2017, os desastres naturais atingem principalmente as áreas urbanas, onde a construção de moradias, rodovias e demais infraestruturas interfere diretamente na drenagem das águas pluviais e nos processos erosivos. Nos municípios com mais de 500 mil habitantes, 93% foram afetados por alagamentos, sendo que, dos 53 municípios atingidos, 44 estavam localizados em áreas de encostas e 35 em regiões de ocupação irregular (IBGE, 2018).

O Brasil vem sofrendo com o aumento de casos de desastres naturais especialmente por eventos hidrológicos e geológicos. O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), vem desempenhando um papel fundamental nos monitoramentos desses eventos. Iniciado em 2011, o órgão registrou números crescentes de alertas, em 2024 obteve o maior índice da história, com emissão de 3.620 alertas foi contabilizado cerca de 1.690 desastres naturais, sendo o terceiro maior número já registrado. Dentre esses eventos, destacam-se as enchentes ocorridas no estado do Rio Grande do Sul, que provocaram grandes impactos sociais e deixaram milhares de pessoas desabrigadas (CEMADEN, 2024). Balanço feito pela Defesa Civil mostra um prejuízo de R$12.2 bilhões aos municípios afetados pelas enchentes no Rio Grande do Sul, distribuída entre moradias, setores públicos, setores privados e danos humanos.

Segundo Cemaden, cerca de 53% dos alertas emitidos foram referentes a riscos geológicos, como deslizamentos de terra, enquanto os demais 47% estiveram relacionados a riscos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

hidrológicos, como enxurradas e transbordamentos de rios e córregos. Apesar disso, o órgão ressalta que dois terços das ocorrências têm origem hidrológica, o que evidencia a predominância das enchentes, especialmente em áreas urbanas e socialmente vulneráveis.

As regiões metropolitanas concentram a maior parte dos alertas e ocorrências, com destaque para cidades como São Paulo (SP), Belo Horizonte (MG), Rio de Janeiro (RJ) e Salvador (BA). No *ranking* dos municípios com maior número de alertas, Manaus (AM) lidera com 50 registros, seguida por Belo Horizonte (MG) e São Paulo (SP), ambas com 41 alertas. Já entre os municípios com maior número de desastres efetivamente ocorridos, figuram Petrópolis (RJ), com 44 registros, Salvador (BA), com 33, e São Paulo (SP), com 2 (CEMADEN, 2024).

A partir da sinalização problemática do IBGE e do Cemaden, a questão da pesquisa a ser investigada neste trabalho é de que forma os pavimentos permeáveis podem ser mais viáveis e eficientes para a drenagem urbana sustentável? A hipótese roteadora desta pesquisa é que os pavimentos permeáveis contribuirão para a redução de alagamentos e para a melhoria da qualidade ambiental das cidades.

Esses pavimentos drenantes são compostos por camadas porosas que possibilitam a drenagem da água para um reservatório subterrâneo, auxiliando no controle da vazão e na recarga dos aquíferos, exercem tanto funções estruturais, suportando o tráfego de veículos, quanto hidráulicas, auxiliando a infiltração da água. O objetivo geral deste trabalho é analisar a viabilidade técnica e econômica dos pavimentos permeáveis como ferramenta de drenagem urbana sustentável, comparando tipologias (concreto poroso, asfalto permeável e intertravados), identificando suas limitações de manutenção e propondo diretrizes para sua implementação em políticas públicas no cenário brasileiro (Becker; Pinheiro, 2019).

2. MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, realizou-se uma pesquisa de natureza bibliográfica, descritiva e qualitativa. O procedimento metodológico baseou-se na coleta de dados em fontes secundárias, visando sistematizar o conhecimento existente sobre o tema.

As buscas foram realizadas nas bases de dados Scielo e Google Acadêmico, além de repositórios de universidades e normas técnicas da ABNT. O recorte temporal adotado compreendeu publicações entre 2000 e 2025, priorizando estudos recentes que tratam de tecnologias.

Os critérios de seleção das fontes incluíram a relevância do título e resumo para a temática de drenagem urbana sustentável e a disponibilidade do texto completo. Foram utilizados como descritores de busca os termos: "pavimentos permeáveis", "drenagem urbana", "infraestrutura verde" e seus correlatos em inglês. A análise dos dados foi realizada mediante leitura exploratória e seletiva, permitindo a síntese das informações apresentada nos capítulos subsequentes.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Cabe ressaltar que este trabalho possui como limitação a ausência de experimentação prática direta, restringindo-se a análise teórica e estudo de dados secundários. No entanto, esta abordagem é suficiente para oferecer uma visão abrangente sobre as potencialidades e limitações dos pavimentos permeáveis na gestão das águas pluviais urbanas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção apresenta um breve conceito sobre pavimentos permeáveis, suas principais características e a relevância de sua utilização nos ambientes urbanos. A intenção é proporcionar uma visão geral sobre como esse tipo de pavimento funciona e de que maneira ele contribui como uma solução sustentável para o controle das águas pluviais, ajudando a reduzir alagamentos e o excesso de escoamento superficial nas cidades.

3.1. Pavimentos permeáveis: Classificação e conceito

Urbonas e Stahre (1993) classifica os pavimentos permeáveis em três categorias:

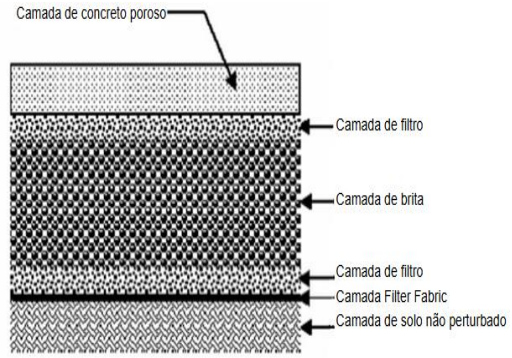
- Pavimento de concreto poroso;
- Pavimento de asfalto poroso;
- Pavimento de blocos de concreto vazados preenchidos com material granular, como areia ou vegetação rasteira, como grama.

O pavimento de concreto poroso caracteriza-se pela sua formulação, que utiliza ligante hidráulico, brita graduada uniforme e água, com ausência ou quantidade muito reduzida de agregado miúdo. Além desses componentes básicos, é comum a incorporação de adições que visam aprimorar as propriedades do material, como resistência, durabilidade e trabalhabilidade.

Conforme Batezini (2013), essa composição resulta em uma matriz com elevado índice de vazios interconectados, o que confere ao pavimento uma excelente capacidade de infiltração da água, contribuindo significativamente para a drenagem urbana sustentável. (Figura 1 e 2).

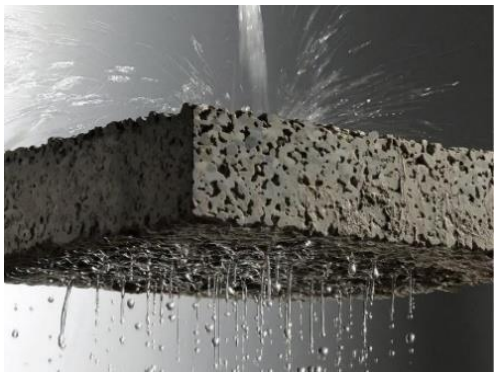
ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 1. Camadas concreto poroso



Fonte: Coninfra, 2009

Figura 2. Concreto permeável

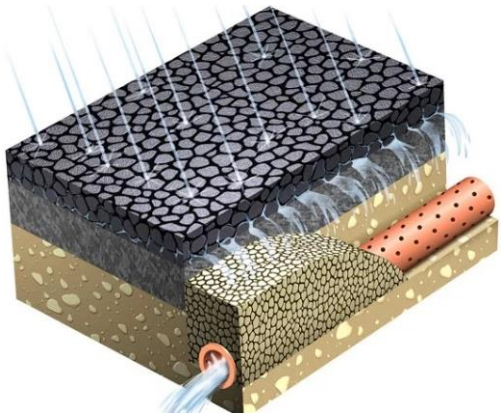


Fonte: Hipermix, s/d.

Devido à sua elevada porosidade, visto que o índice de vazios varia entre 15 e 25 %, o concreto poroso apresenta uma redução considerável em sua resistência quando comparado com o concreto convencional, o que limita o seu uso em regiões com tráfego leve de veículos (Holtz, 2011).

O pavimento de asfalto poroso é projetado para permitir a infiltração da água da chuva através de sua superfície. Diferente do asfalto convencional, sua mistura contém menor quantidade de finos (como areia e pó de pedra), o que cria uma estrutura com vazios interconectados e sua aplicação é relativamente recente, possuindo uma composição parecida com a do convencional, mas com a diferença que possui agregados com vazios de 40% (Baptista; Nascimento, 2025). (Figura 3).

Figura 3. Sistema do asfalto permeável

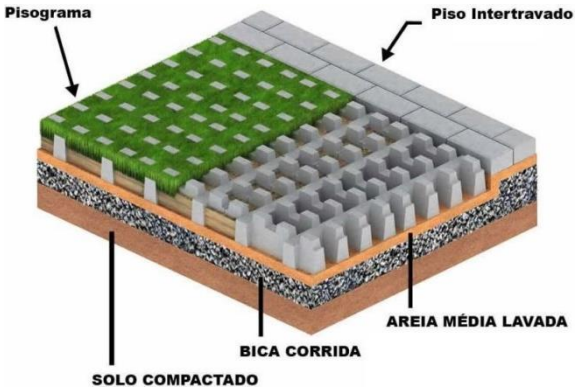


Fonte: Inovacivil, 2019

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

O pavimento de asfalto poroso pode ser aplicado tanto diretamente a partir do leito quanto sobre o pavimento já existente. Sendo necessário realizar a regularização da superfície, evitando a formação de depressões com profundidade maior que 1 cm, para prevenir a formação de bacias, facilite o acúmulo de água entre o revestimento e o pavimento existente. Conforme Virgillis (2009) deve ser previsto dispositivos que permitam que a saída da água seja rápida.

Figura 4. Piso grama prensado quadrado



Autor: La-J Lucas, s/d.

Figura 5. Piso grama liso



Autor: CimentPav, s/d.

O pavimento de blocos de concreto vazados também conhecidos como pavimentos intertravados permeáveis, são peças pré-moldadas com aberturas que podem ser preenchidas com diferentes materiais, como areia, brita ou vegetação a depender da finalidade do local. O preenchimento com areia ou brita favorece a drenagem rápida, enquanto a vegetação traz benefícios adicionais como a redução da temperatura superficial e a melhoria estética do ambiente. (Figuras 4 e 5), podendo também ser vantajoso pela sua facilidade de manutenção, longa durabilidade, e contribuição ao controle de enchentes em zonas urbanas. No entanto, seu desempenho está diretamente relacionado ao tipo de solo, à espessura das camadas de base e sub-base, bem como ao cuidado na execução e manutenção.

3.2. Desempenho estrutural e durabilidade do pavimento permeável

Com relação ao desempenho estrutural deve-se ter cuidados com a produção, transporte e aplicação. Requer mão de obra qualificada para obter máximo desempenho de permeabilidade (Virgillis, 2009). A vida útil nos pavimentos asfálticos pode ser reduzida por erros na execução e por sobrecarga, mesmo quando as misturas asfálticas atendem as especificações vigentes. Os principais problemas estão relacionados com a resistência, fadiga e acúmulo de deformação permanente nas trilhas das rodas, sendo que a fadiga é uma importante característica para perda de desempenho das camadas asfálticas no Brasil (Virgillis, 2009).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A resistência do asfalto poroso depende da escolha do material ligante, identificado por ensaios realizados com ligantes convencionais e ligantes modificados por polímeros (Gonçalves, 2000). Os ligantes especiais conferem maior resistência à oxidação (misturas porosas, pelo alto índice de vazios, estão sujeitas a oxidação) e proporcionam pontos de ligação mais fortes entre as partículas do agregado (Gonçalves, 2000).

Em locais onde há esforços tangenciais o pavimento é mais vulnerável a trincas e desagregações quando utilizado ligantes convencionais. No caso dos ligantes modificados por polímeros (que envolve agregados) o resultado é um asfalto mais flexível e dúctil devido a coesão das partículas, quando comparado ao asfalto convencional.

Figura 6. Asfalto permeavel



Fonte: Hugo& Lucas, 2022

3.3. Normas, regulamentação e políticas sobre pavimentos permeáveis

No Brasil, a norma técnica NBR 16416/2015 (Pavimentos permeáveis de concreto), estabelecida pela ABNT, define os requisitos e métodos de ensaio para pavimentos permeáveis. O concreto permeável deve apresentar características específicas para permitir a passagem da água, combinando baixa relação água-cimento, a adição de aditivos e fibras pode otimizar a distribuição dos poros, mantendo a resistência e a durabilidade, enquanto o controle da espessura e da compactação assegura que os vazios não sejam comprometidos. A correta dosagem e homogeneização dos componentes são essenciais para atingir as propriedades desejadas.

O projeto do pavimento deve levar em conta a topografia e a drenagem natural, identificando áreas propensas ao acúmulo de água e direcionando o escoamento para locais adequados. Durante a execução exige uma preparação rigorosa do local, com remoção da vegetação e correção de irregularidades para garantir uma base nivelada.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Esta abordagem integrada, conforme a NBR 16416, visa garantir a eficácia dos pavimentos permeáveis tanto do ponto de vista estrutural quanto hidráulico, promovendo a drenagem sustentável em ambientes urbanos.

3.4. Análise Comparativa entre Pavimentos Convencionais e Permeáveis

A urbanização crescente tem levado ao uso intensivo de pavimentos convencionais, como asfalto e concreto, que são impermeáveis e contribuem para o aumento do escoamento superficial, reduzindo a infiltração de água no solo e aumentando o risco de inundações (Tucci, 2008).

Em contrapartida, os pavimentos permeáveis permitem a infiltração da água da chuva, reduzindo o volume e a velocidade do escoamento superficial, além de, melhorar a qualidade da água ao filtrar poluentes (Becker; Pinheiro, 2019). Os resultados da comparação dos pavimentos convencionais e permeáveis foram listados no Quadro 1.

Quadro 1. Comparação entre pavimentos convencionais e permeáveis

CARACTERÍSTICA	PAVIMENTO CONVENCIONAL	PAVIMENTO PERMEÁVEL
PERMEABILIDADE	Baixa	Alta
ESCOAMENTO SUPERFICIAL	Elevado	Reduzido
QUALIDADE DA ÁGUA	Não melhora	Melhora
TEMPERATURA SUPERFICIAL	Alta	Baixa
CUSTO INICIAL	Menor	Maior
MANUTENÇÃO	Menor	Maior

Fonte: MOURA; COELHO, 2021

Segundo Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), a escolha sobre qual tipo de pavimento adotar entre o convencional ou permeável, deve-se considerar fatores que influenciam o desempenho e a viabilidade do sistema como:

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

- A quantidade e a frequência das chuvas na região;
- As características do solo (Capacidade de absorção de água);
- O volume e tipo de tráfego que a via receberá;
- Os custos envolvidos na implantação e na manutenção a longo prazo.

Embora os pavimentos permeáveis ofereçam diversos benefícios ambientais sua aplicação ainda é restrita no Brasil. Isso se deve, em grande parte, à falta de conhecimento técnico por parte dos profissionais da área, ausência de políticas públicas que incentivem o uso dessa tecnologia e aos custos iniciais mais elevados em comparação aos métodos tradicionais. Conforme destaca o portal soluções para cidades, mesmo sendo uma alternativa sustentável e eficiente, a adoção de pavimentos permeáveis exige uma mudança cultural, além de maior regulamentação e incentivo por parte do poder público. (ABCP, 2016).

3.5. Vantagens e desvantagens dos pavimentos permeáveis

As principais vantagens dos pavimentos permeáveis são:

- Redução de Enchentes e Alagamentos: reduzem o escoamento superficial, diminuindo a sobrecarga nos sistemas de drenagem urbana e mitigando o risco de enchentes (Almeida; Sanches, 2024).
- Recarga dos Aquíferos Subterrâneos: a infiltração promovida contribui para a recarga dos lençóis freáticos, auxiliando na manutenção dos recursos hídricos subterrâneos essenciais para o abastecimento urbano (Bertene, 2025).
- Melhoria da Qualidade da Água: ao percolar através das camadas do pavimento, a água é naturalmente filtrada, reduzindo contaminantes como metais pesados e óleos.
- Redução do Efeito de Ilhas de Calor: diferente dos pavimentos convencionais, que absorvem e retêm calor, os pavimentos permeáveis ajudam a manter temperaturas mais amenas nas áreas urbanas (Almeida, Sanches, 2024).

As principais desvantagens e desafios:

- Capacidade de Carga Limitada: devido à sua estrutura porosa, os pavimentos permeáveis geralmente possuem menor resistência mecânica, o que os torna mais adequados para áreas de tráfego leve a moderado, como calçadas e estacionamentos.
- Risco de obstrução: com o tempo, os poros dos pavimentos podem ser obstruídos por sedimentos e detritos, reduzindo sua capacidade de infiltração. (Acioli, 2005).
- Custo inicial: podendo demandar investimentos iniciais maiores devido à necessidade de materiais específicos e mão de obra especializada.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

- Possibilidade de Contaminação do Solo: em áreas com alto risco de poluição, a infiltração de água contaminada através dos pavimentos permeáveis pode levar à contaminação dos lençóis freáticos, sendo necessário um planejamento cuidadoso para evitar esse problema (Soares, 2022).

3.6. Análise econômica comparativa

A viabilidade econômica dos pavimentos permeáveis deve ser analisada sob uma ótica que transcende o simples custo de implantação por metro quadrado, integrando os benefícios funcionais do sistema. Um estudo de caso realizado no município de Nova Xavantina (MT) por Santos *et al.* (2019) oferece dados quantitativos relevantes ao comparar a execução de um pavimento de asfalto poroso *versus* um sistema de pavimentação convencional com micro drenagem em vias com histórico de alagamentos.

Para a composição de custos, a pesquisa utilizou como referência os dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e manuais do DNIT, considerando um trecho modelo de 140 m². Os resultados obtidos demonstraram que o custo unitário de implantação do pavimento permeável foi de R$ 87,69/m², enquanto o sistema convencional (composto por asfalto denso, tubos e conexões de drenagem) apresentou um custo de R$ 67,09/m².

Observa-se, portanto, que o custo inicial do sistema permeável foi aproximadamente 23,5% superior ao método tradicional. Essa diferença financeira é atribuída, preponderantemente, à necessidade de execução de um reservatório de brita (camada de base e sub-base) robusto, essencial para o armazenamento e infiltração da água, o que eleva o custo unitário dos materiais em comparação à base convencional.

No entanto, a análise de viabilidade não deve se restringir ao custo inicial de construção. Segundo Santos *et al.,* (2019), o pavimento permeável apresenta vantagens econômicas indiretas que justificam sua aplicação:

- Redução de Infraestrutura Auxiliar: A capacidade do pavimento de atuar como reservatório e infiltrador reduz ou elimina a necessidade de obras complexas de micro drenagem, como a instalação de bocas de lobo, sarjetas e grandes extensões de tubulações, gerando economia nesses itens.
- Mitigação de Danos: Embora o investimento inicial seja maior, o sistema evita os prejuízos financeiros recorrentes causados por inundações, como danos ao patrimônio público e privado, que não são contabilizados no orçamento direto da obra.
- Custo do Ciclo de Vida: Estudos indicam que, ao longo da vida útil, os custos globais tendem a se equilibrar ou serem inferiores aos sistemas tradicionais, dada a menor demanda por

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

manutenção corretiva do sistema de drenagem subterrâneo, desde que a manutenção preventiva (limpeza dos poros) seja realizada.

Embora o pavimento asfáltico convencional apresente um custo por metro quadrado inferior, o asfalto poroso se torna financeiramente e tecnicamente viável ao solucionar problemas crônicos de drenagem sem demandar espaço adicional para dispositivos de captação, classificando-se como uma solução sustentável competitiva para áreas urbanas críticas.

4. ESTUDOS RECENTES SOBRE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

4.1. Estudos no Brasil

Os desafios de se implementar pavimentos permeáveis no Brasil, apesar do avanço das pesquisas e da crescente conscientização sobre os benefícios dos pavimentos permeáveis, sua implementação em larga escala no Brasil ainda enfrenta diversos desafios de ordem técnica, econômica, normativa e cultural.

Um dos principais entraves técnicos está relacionado à variabilidade das condições geotécnicas do solo brasileiro. Em várias regiões do país, predominam solos argilosos e de baixa permeabilidade, o que dificulta a infiltração da água da chuva e pode comprometer o desempenho hidráulico desses sistemas (Araújo; Tucci; Goldenfum, 2000). A adoção de camadas filtrantes mais espessas ou o uso de materiais com alta condutividade hidráulica se torna necessária, o que pode elevar os custos e a complexidade dos projetos.

Além das limitações técnicas, há também obstáculos institucionais e culturais. A falta de normatização específica para pavimentos permeáveis nas legislações municipais e estaduais dificulta sua inclusão em obras públicas e privadas. Em muitos casos, engenheiros e arquitetos ainda têm pouca familiaridade com as técnicas construtivas e com os requisitos de manutenção desses sistemas (SILVA; MENEZES FILHO, 2019). Isso contribui para a resistência à adoção da tecnologia, mesmo em locais onde ela seria plenamente aplicável.

Do ponto de vista econômico, o custo inicial de implantação costuma ser mais elevado do que o de pavimentos convencionais, embora o custo-benefício a longo prazo, considerando a redução de inundações, a recarga do lençol freático e a diminuição da poluição difusa, seja favorável (Barros; Boaventura, 2020). No entanto, a percepção de custo imediato ainda influencia negativamente as decisões públicas e privadas.

A implementação desse tipo de pavimento no Brasil exige um esforço conjunto entre setores técnicos, órgãos públicos, universidades e a sociedade. É necessário investir em pesquisas aplicadas, adaptação normativa, capacitação profissional e conscientização ambiental para que essa solução sustentável seja integrada de forma efetiva ao planejamento urbano brasileiro.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Segundo Prefeitura de Praia Grande, foi introduzido no método de pavimentação de vias, o asfalto permeável. Foi aplicado na Rua Carlos José Borstens, no Bairro Aviação. A técnica foi desenvolvida e estudada pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) e pela Universidade de São Paulo (USP). O principal objetivo deste asfalto é mitigar pontos de alagamento em períodos de chuvas mais intensas, uma vez que a impermeabilidade dos pavimentos convencionais e o curto período de resposta do sistema de drenagem, ajuda a concentração de água em vias urbanas.

A Rua Carlos José Borstens tem 420 metros de extensão (da Avenida Castelo Branco até a Rua João Ramalho), dentre os serviços executados, foi retirado o pavimento antigo de bloquetes sextavados, melhorado o sistema de drenagem e aplicado o pavimento drenante (CPA). (Figura 7 e 8).

Figura 7. Execução de pavimento permeável



Fonte: Escola Politécnica, 2025

Figura 8. Asfalto poroso (permeável)



Fonte: SBT, 2018

Para garantir o funcionamento adequado do sistema, foi implantada uma base impermeável utilizando uma lona plástica, em virtude do lençol freático elevado na região da Baixada Santista, que se encontra aproximadamente a um metro do fundo. Segundo estudos, esse tipo de asfalto pode alcançar até 50% de permeabilidade, o que possibilita sua utilização não só em vias de tráfego leve, mas também em calçadas, praças, pátios e estacionamentos, contribuindo significativamente para o controle de alagamentos e redução da formação de poças de água.

Essa implementação evidencia o potencial do asfalto permeável como uma solução sustentável para os desafios de drenagem urbana, alinhando inovações tecnológicas com a necessidade de adaptação das infraestruturas urbanas frente às variações climáticas.

Em Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, foi desenvolvido um estudo voltado à avaliação da eficiência hidráulica do concreto asfáltico poroso na drenagem urbana. A pesquisa ocorreu na sub-bacia do Córrego Embira, onde se comparou o comportamento de pavimentos convencionais

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

com os permeáveis em eventos de precipitação intensa. Os resultados demonstraram que o pavimento permeável foi capaz de reduzir em aproximadamente 24% a vazão de pico e a altura da lâmina d'água em simulações de chuvas, evidenciando o seu potencial como medida mitigadora contra inundações e alagamentos frequentes em áreas urbanas densamente ocupadas (Rezende *et al.,* 2022).

Além do desempenho hidráulico, o estudo destacou a viabilidade de implantação em áreas de médio porte, como ruas locais e estacionamentos, especialmente em regiões suscetíveis a alagamentos. Um ponto relevante foi a discussão sobre a importância da manutenção periódica, uma vez que o acúmulo de sedimentos pode comprometer a capacidade de infiltração do pavimento ao longo do tempo. Essa experiência em Belo Horizonte reforça que o uso de pavimentos permeáveis pode integrar políticas de drenagem urbana sustentável, colaborando com estratégias de planejamento urbano voltadas à resiliência climática.

Já cidade de Florianópolis, em Santa Catarina, foi conduzido um estudo com foco não apenas na eficiência hidráulica dos pavimentos permeáveis, mas também em sua viabilidade econômica e ambiental. O projeto analisou a implantação de pavimentos permeáveis em uma praça pública, associados a sistemas de captação e reuso de água da chuva (Klein; Maykot; Ghisi; Thivis, 2023).

Os resultados mostraram que o sistema possibilitou uma economia de até 75,5% no consumo de água potável destinada à irrigação de áreas verdes, uma vez que a água infiltrada poderia ser armazenada e reutilizada para fins não potáveis (Santos *et al.,* 2019). Esse dado evidencia que, além de contribuir para a redução do escoamento superficial e para a mitigação de enchentes, os pavimentos permeáveis podem atuar como solução integrada de gestão hídrica urbana, ampliando a sustentabilidade do espaço público.

Outro aspecto destacado pelo estudo foi a percepção positiva da comunidade local, que serviu melhorias tanto estéticas quanto funcionais no espaço urbano. Do ponto de vista técnico, o estudo reforçou a importância da escolha adequada dos materiais constituintes do pavimento e da realização de manutenção periódica, principalmente a limpeza das superfícies, para assegurar a longevidade da solução (Klein; Maykot; Ghisi; Thivis, 2023).

4.2. Estudos dos pavimentos nos Estados Unidos

Pesquisadores americanos vêm desenvolvendo pesquisas com foco no concreto permeável, visto que os Estados Unidos é um país com ampla utilização deste pavimento. Buscando adequá-lo em pontos de tráfego intenso.

A pesquisa tem o apoio das instituições *American Concrete Institute* (ACI) e a *American Society for Testing and Materials* (ASTM), responsáveis por normas e certificações no setor da construção civil.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Um dos projetos destacados ocorreu na cidade de Omaha, em Nebraska, onde um trecho urbano foi pavimentado com concreto permeável. Os testes indicaram que, para manter a resistência adequada, o índice de vazios no pavimento deve ser de 15% a 30% (Kevern, 2017). Valores abaixo comprometem a capacidade de drenagem da estrutura e valores acima, aumentam a permeabilidade, porém, reduzem a durabilidade do concreto. (Figura 9).

Figura 9. Pavimento permeável



Autor: Massa Cinzeta, 2017

Outro fator essencial é a uniformidade dos agregados utilizados na mistura. A pesquisa realizada pelo professor/associado, John Kevern, da *University of Missouri-Kansas City* (UMKC), demonstrou que, utilizando a proporção correta de agregados e aditivos, o concreto permeável pode alcançar níveis de durabilidade semelhantes ao pavimento tradicional.

Durante os testes realizados em Omaha, aproximadamente 17 mil m³ de concreto permeável foram aplicados em via urbana, na espessura de 15,5 centímetros. Após o período de cura de 28 dias, os vazios registraram índice médio de 26%. Para verificar a uniformidade, foram retirados 21 corpos de prova em diferentes pontos do pavimento. A variação dos valores medidos foi inferior a 5%, ou seja, foi permanente aos limites estabelecidos pelos padrões da ACI, com índice mínimo de 21,7% e máximo 26% (Kevern, 2017).

Essa uniformidade é fundamental para garantir uma drenagem eficiente e contínua ao longo da via. Baseando-se nesses resultados, os pesquisadores previam que, dentro dos próximos 5 anos, ou seja, em 2022, esse pavimento poderia ser aplicado em Rodovias de tráfego pesado.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

4.3 Critérios e procedimento de dimensionamento

Dimensionamento de pavimentos permeáveis é uma etapa essencial para assegurar tanto a resistência estrutural quanto a eficiência hidráulica do sistema. Para que o pavimento atenda às exigências do tráfego e, ao mesmo tempo, cumpra seu papel de drenagem sustentável, o projeto deve considerar variáveis técnicas, ambientais e normativas.

Entre os principais critérios adotados destacam-se:

- Condições de tráfego: o volume e o tipo de veículos que circularão sobre o pavimento determinam a espessura e a composição das camadas estruturais. Devido à presença de poros, pavimentos permeáveis apresentam resistência inferior aos convencionais, sendo recomendados principalmente para áreas de tráfego leve e moderado (Holtz, 2011).
- Características do solo local: em regiões com predominância de solos argilosos e de baixa permeabilidade, como é comum em grande parte do Brasil, pode haver comprometimento da infiltração da água. Nestes casos, a utilização de camadas filtrantes mais espessas ou materiais de alta condutividade hidráulica se torna necessária para manter o desempenho hidráulico do sistema (Araújo; Tucci; Goldenfum, 2000).
- Índices pluviométricos: a intensidade e a frequência das chuvas na região devem ser consideradas no cálculo da capacidade de infiltração e de armazenamento de água pelo pavimento, evitando sobrecargas no sistema.
- Normas técnicas aplicáveis: no Brasil, a NBR 16416/2015, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) conforme citado anteriormente, define requisitos específicos para pavimentos permeáveis de concreto, estabelecendo parâmetros como relação água/cimento, controle de porosidade e critérios de ensaio (HR PREMO, 2024).

O dimensionamento deve seguir etapas que integram análises preliminares, cálculos hidráulicos e estruturais, além de diretrizes de execução e manutenção:

- Levantamento preliminar: análise da topografia, do tipo de solo e das condições naturais de drenagem da área de implantação (EMBRAPA, [s.d.]).
- Definição do sistema de pavimento: escolha entre concreto poroso, blocos intertravados ou asfalto permeável, conforme o uso previsto e a viabilidade econômica do projeto (MAPA DA OBRA, 2018).
- Cálculo da capacidade de infiltração: determinação da taxa necessária de infiltração em função da intensidade das chuvas e do volume de escoamento superficial esperado (Coutinho, 2011).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

- Dimensionamento estrutural: definição da espessura do revestimento, da base e da sub-base de acordo com o tráfego previsto e as características dos materiais (Marchioni; Oliveira, 2011).
- Verificação hidráulica: avaliação da capacidade do sistema de armazenar e infiltrar a água de um evento de projeto, garantindo que não haja sobrecarga no solo ou na estrutura (Carvalho, 2015).
- Execução e manutenção: cuidados na execução, como compactação adequada e homogeneização das camadas, aliados a manutenção periódica, são fundamentais para evitar obstruções e garantir o desempenho ao longo do tempo (Silva; Menezes Filho, 2019).

Assim, o dimensionamento de pavimentos permeáveis deve ser tratado de forma integrada, conciliando requisitos estruturais e hidráulicos com fatores ambientais. Quando projetados corretamente, esses sistemas tornam-se aliados importantes no controle de enchentes, na recarga de aquíferos e na promoção da sustentabilidade urbana.

5. RESULTADOS

A pesquisa permitiu identificar que os pavimentos permeáveis representam uma alternativa eficaz no enfrentamento dos problemas de drenagem urbana e mitigação de inundações.

Os principais resultados observados foram:

1. Redução do escoamento superficial: em comparação com os pavimentos convencionais, os sistemas permeáveis apresentaram significativa capacidade de infiltração da água da chuva, reduzindo o volume de água direcionado às redes de drenagem.
2. Melhoria da qualidade da água: a passagem da água através das camadas filtrantes dos pavimentos contribui para a retenção de poluentes, como óleos e metais pesados, promovendo uma qualidade superior da água infiltrada.
3. Controle de enchentes e alagamentos: estudos de caso, como o da cidade de Praia Grande-SP, comprovaram a eficiência do asfalto permeável na diminuição de pontos críticos de acúmulo de água, com permeabilidade de até 50%.
4. Benefícios ambientais adicionais: os pavimentos permeáveis contribuem para a recarga dos aquíferos subterrâneos e auxiliam na redução do efeito de ilhas de calor em áreas urbanizadas.
5. Viabilidade técnica internacional: pesquisas realizadas nos Estados Unidos mostraram que, com a proporção correta de agregados e aditivos, o concreto permeável pode atingir resistência e durabilidade próximas às dos pavimentos tradicionais, mesmo em áreas de tráfego mais intenso.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

6. Limitações e desafios: apesar das vantagens, foram constatadas limitações relacionadas à capacidade de carga, risco de obstrução dos poros e custo inicial elevado. No contexto brasileiro, a predominância de solos argilosos e a ausência de políticas públicas específicas dificultam a aplicação em larga escala.

6. CONSIDERAÇÕES

A partir dos objetivos propostos, conclui-se que os pavimentos permeáveis representam uma alternativa técnica e ambientalmente superior aos sistemas convencionais para mitigar os problemas de inundações e alagamentos em áreas urbanas; o que comprova a hipótese proposta.

Esses sistemas cumprem uma dupla função essencial: reduzir significativamente o volume e a velocidade do escoamento superficial e melhorar a qualidade ambiental por meio da filtração de poluentes e da recarga de aquíferos subterrâneos, o que é vital para a resiliência hídrica das cidades.

No entanto, a viabilidade e a eficiência em larga escala no Brasil dependem da superação de barreiras cruciais. É imperativo que haja um esforço coordenado para adaptar a tecnologia aos solos argilosos predominantes, investir em políticas públicas exigindo percentuais mínimos de pavimentação permeável em novos loteamentos e estacionamentos comerciais, incentivos fiscais, criando um programa de IPTU Verde para imóveis que adotem a tecnologia, compensando o maior custo inicial e fundamentalmente, promover a capacitação técnica com manuais municipais que especifiquem a granulometria correta para os materiais regionais, reduzindo erros de execução e a conscientização entre profissionais e gestores públicos.

O estudo limitou-se à análise bibliográfica. Identificando-se lacunas para trabalhos futuros como: monitoramento de longo prazo (acima de 5 anos) sobre o entupimento dos poros em clima tropical chuvoso; análise detalhada da resistência dos pavimentos permeáveis ao tráfego de veículos pesados (ônibus e caminhões) no contexto da malha viária brasileira.

Portanto, a implementação bem-sucedida de pavimentos permeáveis exige mais do que apenas um avanço tecnológico, ela demanda uma mudança de paradigma no planejamento urbano brasileiro, integrando a infraestrutura verde como componente prioritário para construir cidades mais resilientes, seguras e sustentáveis frente aos crescentes desafios climáticos e de urbanização.

REFERÊNCIAS

ACIOLI, L. A. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte.** 2005. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, 2005. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/5843. Acesso em: 30 maio 2025.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

AGÊNCIA GOV. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Cemaden registra recorde de alertas e mais de 1,6 mil ocorrências de desastre no Brasil em 2024. **Agência Gov**, 08 jan. 2025. Disponível em: https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202501/cemaden-registra-recorde-de-alertas-e-mais-de-1-6-mil-ocorrencias-de-desastre-no-brasil-em-2024. Acesso em: 20 abr. 2025.

ALMEIDA, J. F.; SANCHES, A. E. Pavimentos permeáveis em Manaus: soluções sustentáveis para a drenagem urbana. **Revista FT**, maio 2024. Disponível em: https://revistaft.com.br/pavimentos-permeaveis-em-manaus-solucoes-sustentaveis-para-a-drenagem-urbana/. Acesso em: 1 jun. 2025.

ARAÚJO, P. R. de; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 21–29, jul./set. 2000. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/232484/000277295.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 12 abr. 2025.

BARROS, E. N. S.; BOAVENTURA, S. M. Estudo experimental do desempenho de pavimentos permeáveis como alternativa de redução do escoamento superficial em áreas urbanas. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil,** v. 15, n. 2, p. 300–313, jul./dez. 2019. Disponível em: https://revistas.ufg.br/reec/article/download/61831/34875. Acesso em: 8 jun. 2025.

BECKER, N.; CONEGERO, M. G.; PINHEIRO, I. G. Qualidade da água do escoamento superficial percolado em pavimento de concreto permeável dosado por diferentes métodos. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, dez. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/357850265. Acesso em: 1 jun. 2025.

BECKER, N.; PINHEIRO, I. G. Potencialidade dos pavimentos permeáveis na melhoria da qualidade da água do escoamento superficial: uma revisão. **Urbe - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/j/urbe/a/7VGbKdMSnLfxghCnZWybrPP/?lang=pt. Acesso em: 29 maio 2025.

BERTENE, L. Pavimentos permeáveis: a solução sustentável para áreas urbanas. **Compraco,** mar. *2025*. Disponível em: https://compraco.com.br/blogs/construcao-civil/pavimentos-permeaveis-a-solucao-sustentavel-para-areas-urbanas?srsltid=AfmBOopCaiL4Ju4jKr6oCwfu-VzD-BNFt3H_MtpcGqZi98lK2eP_IEDW. Acesso em: 1 jun. 2025.

CARVALHO, C. F. G. Estudo de pavimentos permeáveis em zonas urbanas: Avaliação da sua eficiência na redução do escoamento superficial. **Research Gate**, Jul. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283709645. Acesso em: 1 jun. 2025.

CIMENTO ITAMBÉ. EUA trabalham em novo pavimento: o de concreto permeável. **Cimento Itambé**, 27 dez. 2017. Disponível em: https://www.cimentoitambe.com.br/eua-trabalham-em-novo-pavimento-o-de-concreto-permeavel/. Acesso em: 28 mar. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). Balanço das chuvas no Rio Grande do Sul aponta para R$ 12,2 bilhões em prejuízos financeiros. **CNM,** 14 jun. 2024. Disponível em: https://cnm.org.br/comunicacao/noticias/balanco-das-chuvas-no-rio-grande-do-sul-aponta-para-r-12-2-bilhoes-em-prejuizos-financeiros. Acesso em: 20 abr. 2025.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

COUTINHO, A. P. **Pavimento permeável como técnica compensatória na drenagem urbana**. 2011. TCC (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/10525/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Arthur%20Paiva%20Coutinho.pdf. Acesso em: 1 jun. 2025.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Solos do Brasil. Brasília, DF: Embrapa, [s.d.]. Disponível em: https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-dobrasil#:~:text=Os%20solos%20do%20Brasil%20Os%20solos%20do%20Brasil&text=Predominam%20os%20Latossolos%2C%20Argissolos%20e,aproximadamente%2070%25%20do%20territ%C3%B3rio%20nacional. Acesso em: 8 jun. 2025.

GAMA, G. Brasil bate recorde de alertas de desastres naturais em 2024. **CNN Brasil**, 10 jan. 2025. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/brasil-bate-recorde-de-alertas-de-desastres-naturais-em-2024/. Acesso em: 28 mar. 2025.

HOLTZ, F. C. **Uso de Concreto Permeável na Drenagem Urbana**: Análise da Viabilidade Técnica e do Impacto Ambiental. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/35615/%20000795199.pdf?sequence=1. Acesso em: 7 ago. 2025.

HR PREMO. NBR 16416: norma para pavimentos permeáveis de concreto. **Blog HR Premo**, 2024. Disponível em: https://www.hrpremo.com.br/blog-post/nbr-16416/. Acesso em: 20 abr. 2025.

IBGE. Desastres naturais: 59,4% dos municípios não têm plano de gestão de riscos. **Agência de Notícias IBGE**, Jul. 2018. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/21633-desastres-naturais-59-4-dos-municipios-nao-tem-plano-de-gestao-de-riscos. Acesso em: 10 mar. 2025.

KLEIN, C. W.; MAYKOT, J. K.; GHISI, E.; THIVES, L. P. Financial feasibility of harvesting rainwater from permeable pavements: a case study in a city square. **Sci.,**, Basel, v. 5, n. 1, p. 1-15, dez. 2023. DOI: 10.3390/sci5010001. Disponível em: https://www.mdpi.com/2413-4155/5/1/1. Acesso em: 13 set. 2025.

MAPA DA OBRA. **Pavimentos permeáveis**. [S. l.]: Mapa da Obra, 2018. Disponível em: https://www.mapadaobra.com.br/negocios/pavimentos-permeaveis/. Acesso em: 1 jun. 2025.

MARCHIONI, M.; OLIVEIRA, C. **Pavimento Intertravado Permeável – Melhores Práticas**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), Jun. 2011. Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/Cartilha_Pav_Intertravado_Permeavel_v1.pdf. Acesso em: 1 jun. 2025.

MARCHIONI. M. L; SILVA C. O. **PR-2**: Conceitos e Requisitos para Pavimento Intertravado Permeável. São Paulo: ABCP, 2016. 8 p. Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/PR2_Conceitos_requisitos_pav_permeavel.pdf. Acesso em: 03 out. 2025

MELLO, F. B. G; RIGO, D. Núcleo do conhecimento. Comparativo de custos de implantação de pavimento convencional. **Núcleo do Conhecimento**, abr. 2023. Disponível em: https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimento-convencional. Acesso em: 1 jun. 2025.

MOURA, F. A. A.; COELHO, C. L. **Comparação entre revestimentos de pavimentos convencionais e permeáveis visando a redução de alagamentos e enchentes no meio**

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

urbano. 2021. TCC (Bacharelado Em Ciência E Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/d68a32ef-8225-413f-a275-cecdb35e7212/content. Acesso em: 06 mar. 2025.

PREFEITURA DE PRIA GRANDE. **Praia Grande inova com pavimentação drenante em via**. Praia Grande, SP: Prefeitura de Praia Grande, 26 set. 2018. Disponível em: https://www2.praiagrande.sp.gov.br/noticia/id/46251. Acesso em: 18 mar. 2025.

ROCHA, P. M.; GRECO, J. A. S. Análise de desempenho de pavimentos permeáveis nos grandes centros urbanos: estudo na sub-bacia do Embira (município de Belo Horizonte-MG). **Revista Mirante**, Anápolis, v. 14, n. 2, p. 92-108, 2021. DOI: 10.36229/2237-9657.mirante.v14.n2.p92-108. Disponível em: https://www.revista.ueg.br/index.php/mirante/article/view/12262. Acesso em: 13 set. 2025.

SANTOS E. M. A; MORAIS M. M. F; SILVEIRAC. BUENO R; J. C. L; OLIVEIRA A. C. Análise da viabilidade econômica de implementação de pavimentos permeável como instrumento de drenagem urbana nas cias mais alagadas do município de Nova Xavantina – MT. **Revista Interação Interdisciplinar**, v. 3, n. 2, 2019. Disponível em: https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/interacao/pt_BR/article/view/799. Acesso em. 24 nov. 2025.

SILVA, L. H.; MENEZES FILHO, F. C. M. de. Avaliação da eficiência hidrológica de pavimentos permeáveis e sistemas de biorretenção em loteamento residencial. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 15, n. 2, p. 17–34, 2019. Disponível em: https://revistas.ufg.br/reec/article/view/56634/33679. Acesso em: 8 jun. 2025.

SOARES, D. Pavimento permeável. **Passei Direto**, ago. 2022. Disponível em: https://www.passeidireto.com/arquivo/111420278/pavimento-permeavel?utm_source=.com. Acesso em: 1 jun. 2025.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.