



PAVIMENTAÇÃO PERMEÁVEL: MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E MELHORIAS NA QUALIDADE DE VIDA URBANA

PERMEABLE ASPHALT: MITIGATING ENVIRONMENTAL IMPACTS AND IMPROVING THE QUALITY OF URBAN LIFE

PAVIMENTO PERMEABLE: MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y MEJORA DE LA CALIDAD DE VIDA URBANA

Emilly Beatriz da Silva Garcia¹, Sandra Fabiana Rodgher², Fabiana Florian³

<https://doi.org/10.47820/recima21.v5i1.6063>

PUBLICADO: 12/2024

RESUMO

Atualmente, as enchentes e alagamentos têm aumentado significativamente em muitas cidades brasileiras. Esse problema resulta da impermeabilização do solo e pelo sistema de drenagem não ser suficientemente eficiente, havendo sobrecarga após evento severo de precipitação. Para amenizar esses problemas, estão sendo desenvolvidos projetos mais sustentáveis, com relação ao asfalto e pavimentos permeáveis, que buscam mitigar impactos ambientais. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo analisar a viabilidade do asfalto e pavimento permeável como forma de minimizar as enchentes e alagamentos, auxiliar no desenvolvimento sustentável de áreas urbanas de modo a serem utilizadas as redes de drenagem convencional. O método de pesquisa adotado para a realização deste estudo está relacionado às referências bibliográficas, nesse sentido, se analisou obras e materiais literários em que o tema inclui os tipos de pavimentos permeáveis e suas variedades e a drenagem urbana. Por meio de pesquisas, nota-se que, após analisar vários fatores como sua viabilidade, custo-benefício, adequação ao local de implantação e afins, pavimentações permeáveis são, de fato, processos que podem, se bem projetados e locados, influenciar diretamente na prevenção de alagamentos de larga escala. Por fim, conclui-se que há eficácia na pavimentação permeável para redução de escoamento superficial e infiltração integral, trazendo viabilidade na implantação a fim de adequar-se ao sistema de drenagem convencional e assim, este processo poderá beneficiar a população dos transtornos devido a enchentes e alagamentos em áreas urbanas.

PALAVRAS-CHAVE: Alagamentos. Asfalto permeável. Drenagem. Enchentes. Sustentáveis.

ABSTRACT

Currently, floods and flooding have increased significantly in many Brazilian cities. This problem results from the impermeabilization of the soil and the drainage system not being efficient enough, with overload after a severe precipitation event. To alleviate these problems, more sustainable projects are being developed, in relation to asphalt and permeable pavements, which seek to mitigate environmental impacts. Therefore, the present study aims to analyze the feasibility of asphalt and permeable pavement as a way to minimize floods and flooding, assist in the sustainable development of urban areas in order to use conventional drainage networks. The research method adopted to carry out this study is related to bibliographic references, in this sense, to analyze works and literary materials in which the theme is the types of permeable pavements and their varieties and urban drainage. Through research, it is noted that, after analyzing several factors such as its feasibility, cost-benefit, suitability to the place of implementation and the like, permeable pavements are, in fact, processes that can, if well designed and leased, directly influence the prevention of large-scale flooding. Finally, it is concluded that there is effectiveness in permeable paving to reduce surface runoff and integral infiltration, bringing feasibility in the implementation in order to adapt to the conventional drainage system and thus, this process may benefit the population from inconveniences due to flooding and flooding in urban areas.

KEYWORDS: *Flooding. Permeable asphalt. Drainage. Flooding. Sustainable.*

¹ Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: egarcia@uniara.edu.br

² Orientadora. Docente Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: sfrodgher@uniara.edu.br

³ Coorientadora. Docente Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: fflorian@uniara.edu.br

RESUMEN

Actualmente, las inundaciones han aumentado significativamente en muchas ciudades brasileñas. Este problema se debe a la impermeabilización del suelo y a que el sistema de drenaje no es lo suficientemente eficiente, con sobrecarga después de un evento de precipitación severa. Para paliar estos problemas, se están desarrollando proyectos más sostenibles, en relación a los pavimentos asfálticos y permeables, que buscan mitigar los impactos ambientales. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo analizar la factibilidad del asfalto y el pavimento permeable como una forma de minimizar las inundaciones e inundaciones, ayudar en el desarrollo sostenible de las áreas urbanas con el fin de utilizar las redes de drenaje convencionales. El método de investigación adoptado para llevar a cabo este estudio se relaciona con las referencias bibliográficas, en este sentido, analizar obras y materiales literarios en los que el tema son los tipos de pavimentos permeables y sus variedades y el drenaje urbano. A través de la investigación, se observa que, después de analizar varios factores como su factibilidad, costo-beneficio, idoneidad al lugar de implementación y similares, los pavimentos permeables son, de hecho, procesos que pueden, si están bien diseñados y arrendados, influir directamente en la prevención de inundaciones a gran escala. Finalmente, se concluye que existe efectividad en el pavimento permeable para reducir la escorrentía superficial y la infiltración integral, aportando factibilidad en la implementación con el fin de adaptarse al sistema de drenaje convencional y así, este proceso puede beneficiar a la población de inconvenientes por inundaciones e inundaciones en zonas urbanas.

PALABRAS CLAVE: *Inundaciones. Asfalto permeable. Drenaje. Inundaciones. Sostenible.*

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento desordenado da urbanização, a impermeabilização dos solos vem expandindo-se cada vez mais e com isso, enchentes e alagamentos são vistos em locais jamais imaginados anteriormente, como municípios de menor porte. As águas pluviais ficam retidas nas áreas impermeabilizadas, indo para o sistema de drenagem e sobrecarregando-o após severas precipitações.

Contudo, há soluções visíveis a serem estudadas para que essa demanda possa ser atendida de maneira eficiente, implementando pavimentações permeáveis em pontos estratégicos de áreas urbanas, onde há probabilidade da ocorrência de alagamentos. Dessa maneira, projetos sustentáveis podem ser implementados, utilizando concreto poroso e piso intertravado permeável, que possui pontos das juntas alargadas para facilitar na absorção da água. Segundo Virgiliis (2009), a utilização de camadas de pavimento permeável deve atender às necessidades das rodovias, em boa aderência e bem drenadas quanto há águas pluviais.

A fim de analisar a eficiência e viabilidade dos pavimentos permeáveis para amenizar os problemas de alagamentos que inúmeras famílias têm enfrentado diante a eventos pluviais de alta intensidade, este estudo visa compreender como esses tipos de pavimentos podem contribuir para uma possível solução, bem como os locais em que poderiam ser implantados, os diferentes tipos e materiais utilizados em sua composição, levando em consideração o custo-benefício e utilizando as mesmas redes de drenagem pluvial.

Segundo Marchioni e Silva (2010), em áreas com vegetação, a infiltração da água de precipitação é de 95%, em áreas rurais é de 70%, em áreas residenciais de 30%, já em áreas urbanas apenas 5% da água é infiltrada. Assim, enquanto é indispensável ampliar as construções para acomodar o crescimento populacional, também é crucial garantir que os pavimentos permaneçam permeáveis para evitar problemas de alagamentos futuros.

Os pavimentos permeáveis por sua vez, podem obter a mesma capacidade de absorção que o solo vegetado, reduzindo o escoamento superficial, ao que pode variar pela intensidade da precipitação. (Marchioni; Silva, 2010)

A infiltração de águas pluviais em solo, é um desafio a ser superado quando o assunto são “ilhas de calor”, onde há muito mais áreas impermeabilizadas do que permeáveis, fazendo com que haja a redução da evapotranspiração, em áreas intensamente povoadas e com isso ocorra de forma ampla as precipitações. (Marchioni; Silva, 2010)

Tendo em vista a problemática condição da população, pela exposição a alagamentos e enchentes, e as dificuldades encontradas pelas perdas econômicas, bem como prejuízos por parte de suas habitações comprometidas pela ação da água e as graves doenças que esses eventos podem acarretar, os pavimentos permeáveis visam mitigar impactos ambientais e melhorar a qualidade de vida urbana por meio de infiltração imediata.

Será realizada pesquisa bibliográfica com foco em “pavimentação permeável” nas bases de dados Google Scholar Beta (Google Acadêmico) e SciELO.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos negativos associados à impermeabilização do solo

O crescimento acelerado da população urbana no Brasil, nas últimas décadas, tem gerado uma série de desafios complexos e interligados, especialmente no que diz respeito à infraestrutura urbana. O aumento populacional foi de 6,5% dentre os anos 2010 e 2022, totalizando 203.062.512 habitantes. (IBGE, 2023). Essas questões estão relacionadas ao aumento de áreas impermeabilizadas, como vias pavimentadas, construções e grandes estacionamentos acarretando a evolução dos alagamentos, quando há eventos de precipitação severa.

O impacto causado pela impermeabilização do solo afeta também a qualidade da água, que pode ser contaminada por diversos tipos de poluentes quando escoar de maneira superficial pelo concreto convencional e faz seu percurso até as redes de drenagem.

Segundo Virgillis (2009), pavimento permeável é uma estrutura projetada para permitir o escoamento da água através de suas camadas, absorvendo os fluidos de maneira parcial ou total. E nesse sentido o Engenheiro Afonso Virgillis desenvolveu um concreto capaz de facilitar a infiltração da água por meio de seus poros, resultando em um concreto com alta permeabilidade, como mostra a figura 1.

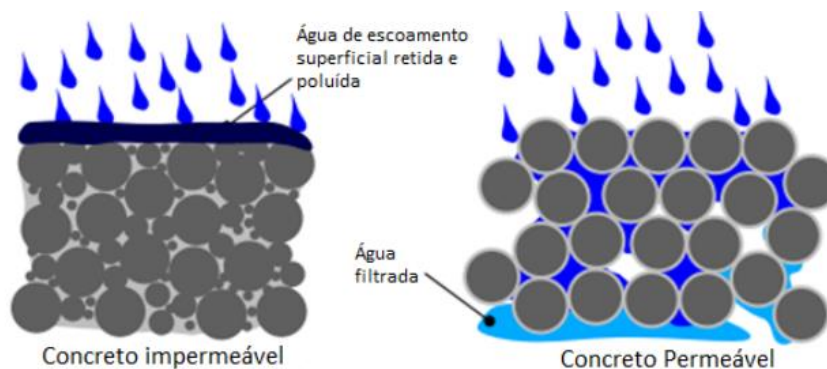


Figura 1. Concreto impermeável x concreto permeável
 Fonte: UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina

Estudos realizados por Bruno; Amorim; Silveira (2013) sobre cinco tipos diferentes de superfície, sendo elas, blocos de concreto vazados, blocos de concreto maciços, concreto convencional, solo exposto e solo gramado, isolando cada área de 0,70 m² com um quadro metálico e simulando precipitação em 79 mm/h e 121 mm/h.

As superfícies de blocos de concreto vazados e blocos de concreto maciços correspondem a dois tipos de revestimentos aplicáveis em áreas urbanas consideradas soluções alternativas de drenagem para a redução do escoamento superficial. As superfícies revestidas com concreto convencional, solo exposto e solo gramado foram utilizadas como referências. Os ensaios realizados com a superfície de concreto convencional foram efetuados para permitir a comparação com locais totalmente impermeabilizados como passeios e estacionamento de lojas comerciais; o solo exposto para avaliar o efeito da retirada da cobertura natural sobre o escoamento superficial no local dos testes; e o solo gramado, efetuado para avaliar uma situação de pré-urbanização. (Bruno; Amorim; Silveira, 2013, p. 240).

Avaliando algumas das principais características do experimento, o escoamento superficial para cada umas das superfícies obteve-se os seguintes resultados:

- A superfície de Solo Gramado não provocou escoamento superficial;
- Para a superfície de Blocos de Concreto Vazados, com precipitações inferiores a 70 mm/h não produziram escoamento superficial, ou seja, para 79 mm/h gerou o mínimo de escoamento;
- A infiltração em Blocos Maciços teve início próximo aos 20 minutos de experimento;
- Em Concreto Convencional apresentou baixa infiltração e alto escoamento superficial.

As figuras 2, 3 e 4 mostram a taxa de infiltração pelo tempo do experimento:

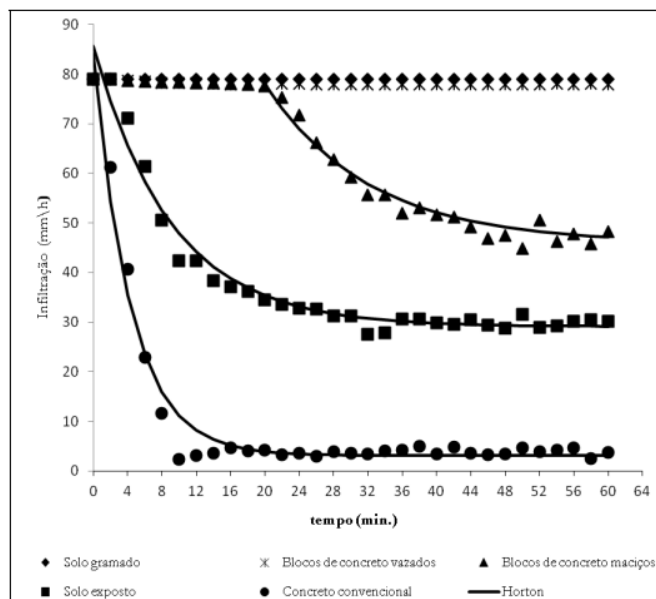


Figura 2. Taxa de infiltração utilizando intensidade de precipitação igual a 79 mm/h
Fonte: Bruno; Amorim; Silveira, 2013.

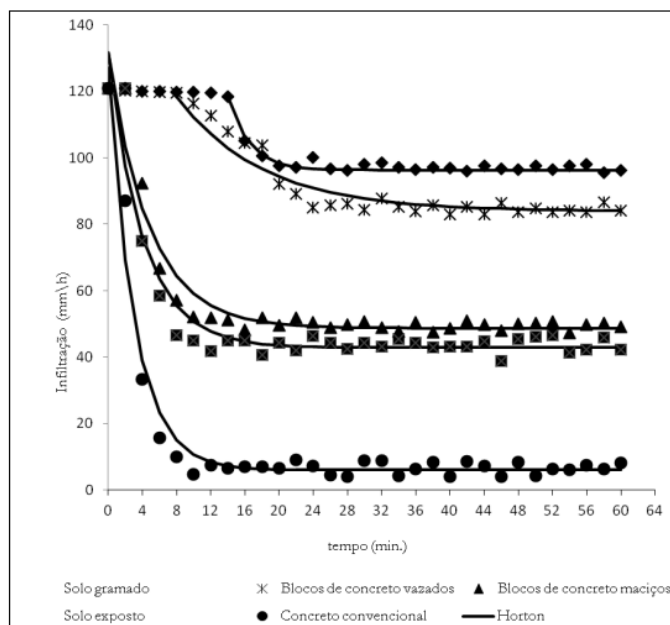


Figura 3. Taxa de infiltração utilizando intensidade de precipitação igual a 121 mm/h
Fonte: Bruno; Amorim; Silveira, 2013.

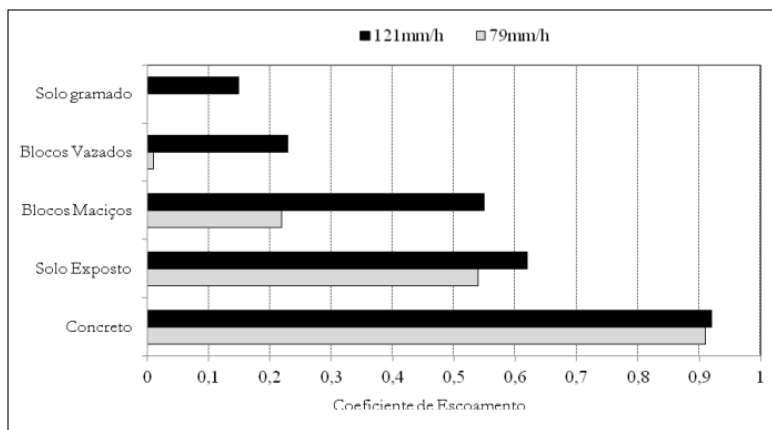


Figura 4. Coeficiente de escoamento nos revestimentos estudados
Fonte: Bruno; Amorim; Silveira, 2013.

Mesmo diante do excelente desempenho dos pavimentos permeáveis, é correto afirmar que há outros benefícios dignos de consideração.

Além disso, a sua adoção também contribui para a manutenção dos aquíferos subterrâneos e à redução da velocidade e da quantidade do escoamento superficial dessas águas. E, por permitir a infiltração natural das águas pluviais, ele acaba contribuindo para um uso mais eficiente do solo, pois não são mais necessárias obras de drenagem, como pontos de retenção, valas, tubulações e outros mais. (Höltz, 2011, p. 39).

Ainda assim, Höltz (2011) ressalta:

- Proporcionar um menor custo durante seu ciclo de vida;
- Absorver menos radiação solar e facilitar a sobrevivência da arborização em áreas pavimentadas, por permitir a chegada da água e ar até as raízes;
- Colaborar para reduzir o problema das enxurradas urbanas, que acabam levando uma enorme quantidade de resíduos e poluentes aos corpos da água.

Assim como enfatiza também através de experimento realizado em 6 tipos de superfícies diferentes, sendo elas, solo compactado, pavimento impermeável, pavimentos semipermeáveis, pavimento permeável, blocos vazados e concreto poroso, com as seguintes características:

- Solo compactado com declividade de 1 a 3%;
- Pavimentos impermeáveis: uma parcela de concreto convencional de cimento, areia e brita, com declividade de 4%;
- Pavimentos semipermeáveis: uma parcela de superfície com pedras regulares de granito com juntas de areia, conhecidas por paralelepípedos, com declividade de 4%; e outra parcela revestida com pedras de concreto industrializado tipo "pavi S" igualmente com juntas de areia, conhecida por blocket, com declividade de 2%;
- Pavimentos permeáveis: uma parcela de blocos de concreto com orifícios verticais preenchidos com material granular (areia) com declividade de 2% e uma parcela de concreto poroso com declividade de 2%. (Araújo; Tucci; Goldenfum, 2000, p. 24).

Tabela 1. Resultado das simulações de chuva das diferentes superfícies

	Solo Compactado	Concreto	Bloco de Concreto	Paralelepípedo	Concreto Poroso	Blocos Vazados
Data	03/06/98	28/10/98	29/07/98	13/10/98	13/04/99	27/01/99
Hora Início	14h06min	15h15min	15h20min	11h20min	14h55min	10h08min
Intensidade simulada (mm/h)	112	110	116	110	120	110
Chuva total (mm)	18,66	18,33	19,33	18,33	20,00	18,33
Escoamento total (mm)	12,32	17,45	15,00	10,99	0,01	0,5
Coefficiente de escoamento	0,66	0,95	0,78	0,60	0,005	0,03
Umidade inicial do solo (cm^3/cm^3)	32,81	32,73	32,71	32,72	0,329	32,24

Fonte: Araújo; Tucci; Goldenfum, 2000.

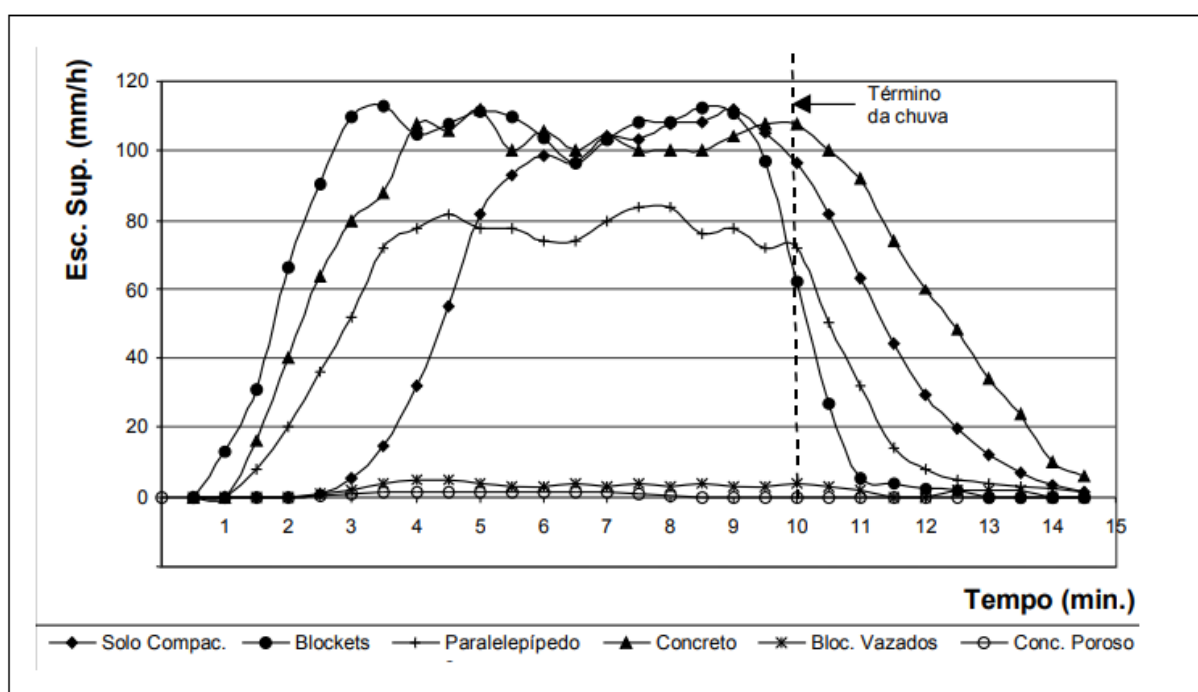


Figura 5. Escoamento superficial observado nas diversas superfícies ensaiadas
Fonte: Araújo; Tucci; Goldenfum, 2000.

Ao observar os resultados deste experimento, foi possível identificar mais uma vez a eficiência das superfícies permeáveis, visto que os resultados para bloco vazado e concreto poroso não apenas mantêm as condições originais de geração de escoamento superficial, como também reduz esse escoamento a quase zero.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Origem do concreto permeável e suas utilidades

Atualmente, pavimentações permeáveis estão sendo muito utilizadas a fim de obter maior área permeável e permitir que a água não escoe superficialmente e siga para as redes de drenagem e sim infiltrem no solo, reduzindo o risco de alagamentos, porém esse tipo de revestimento permeável não é uma tecnologia nova.

De acordo com Hölztz (2011), essa tecnologia foi utilizada em diversos países europeus desde o século XIX, na fabricação casas, edifícios, painéis pré-fabricados e blocos curados devido a suas boas propriedades térmicas e baixo custo. Desde aquela época o uso do concreto permeável não esteve mencionado na literatura, até 1923, quando em Edimburgo, na Escócia, foram construídas 50 casas de 2 pisos com agregados a base de clínquer, por se almejar redução de peso e de custo.

Após a Segunda Guerra Mundial, em quase toda Europa, quando a necessidade da produção acelerada de moradias chegou, a ideia da construção com o concreto permeável veio à tona, onde poderiam ser construídas casas em grande escala numérica, pela sua execução ser simples, de baixo custo e principalmente pela disponibilidade de agregados graúdos.

Após muito tempo sendo utilizado em muitos países na fabricação das paredes das casas e edificações com até 2 pisos, o concreto permeável teve seu registro como revestimento para permeabilidade da água nos Estados Unidos, quando começaram a ocorrer muitos alagamentos em pontos recém impermeabilizados, para minimizar as consequências desse fenômeno. (ACI, 2010)

Sendo assim:

A alta permeabilidade é, portanto, a principal razão por que esse material está sendo investigado e produzido nos dias atuais. Quando o concreto permeável é utilizado em pavimentação externa, a água da chuva pode infiltrar diretamente no solo, diminuindo a vazão que segue para o sistema de drenagem urbano. (Hölztz, 2011, p. 59).

3.2. Possíveis localidades a serem beneficiadas

A inclusão de lugares elegíveis para receber esse tipo de revestimento permeável envolve alguns critérios específicos, sendo eles os quais, locais onde requerem uma solicitação de carga menor e onde não há tráfego de veículos pesados como, calçadas, estacionamentos de pequeno porte, parques, campos de golfe, área de piscinas, ciclovias, sarjetas e quadras poliesportivas.



Figura 6. Pavimento permeável com revestimento de placas de concreto
Fonte: Marchioni e Silva, 2010.



Figura 7. Pavimentação permeável com revestimento de concreto poroso
Fonte: Marchioni e Silva, 2010.

3.3. Variedades e elementos construtivos

Os pavimentos porosos assim como os convencionais, tem em sua composição basicamente os mesmos elementos. A tabela 1 apresenta alguns tipos de componentes utilizados nas pavimentações, sendo raro encontrar pavimentos que incluam todos esses elementos, pois cada um deve ter uma composição específica que atenda suas necessidades particulares (Virgiliis, 2009).

Tabela 2. Terminologia geralmente aplicada a pavimentos porosos

Terminologia aplicada a Pavimentos Porosos	
Terminologia	Definição
Camada de Base	Camada colocada abaixo da superfície de revestimento para aumenta a espessura do pavimento. Pode ser simplesmente chamada de Base.
Camada	Espaço ocupado entre dois tipos de materiais na estrutura do pavimento.
Camada Filtrante	Qualquer camada entre outras ou entre o pavimento e o subleito que detenha a migração de partículas para os vazios da camada subjacente.
Geomembrana	Tecido impermeável geralmente plástico ou Polietileno de Alta Densidade (PEAD) utilizada em sistemas impermeabilizantes.
Geotextil	Manta não-tecida de filamentos de polipropileno que possibilita a livre passagem das águas de infiltração para o meio drenante.
Pavimento	Qualquer tratamento ou cobertura na superfície que suporte qualquer tipo de tráfego.
Sobrecamada	Camada aplicada sobre qualquer tipo de pavimento preexistente
Estrutura do Pavimento	Combinação de camadas de materiais colocadas sobre o subleito que possibilitam o suporte mecânico do pavimento.
Reservatório	Qualquer parte do pavimento com capacidade de estocagem o condutividade de água. O reservatório pode ser sobreposto ou combinado com outras camadas do pavimento. Também chamado de Reservatório de Base, Camada Drenante ou Colchão drenante.
Sub-base	Camada colocada abaixo da Base a fim de aumentar a espessura do pavimento.
Subleito	Solo natural ou reforçado abaixo da estrutura do pavimento, responsável pela absorção em última instância dos carregamentos.
Revestimento	Camada do pavimento que recebe diretamente a carga de tráfego.

Fonte: Virgiliis, 2009.

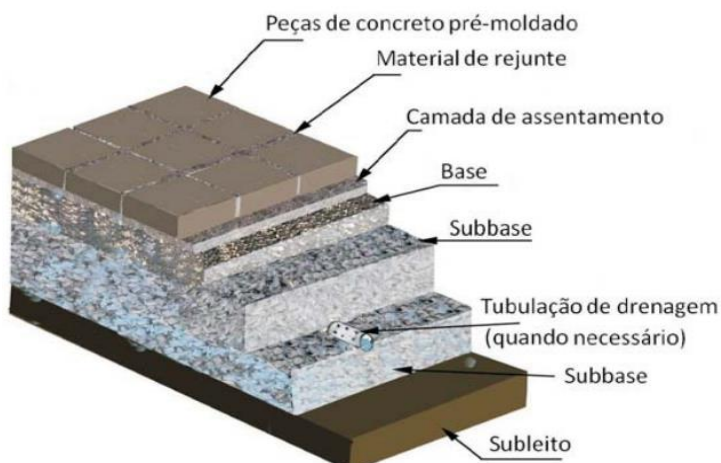


Figura 8. Sessão típica de pavimento intertravado permeável
Fonte: Marchioni e Silva, 2010.

3.3.1. Concreto Permeável

É constituído por uma mistura de cimento, água, agregado graúdo, eventuais aditivos e pouco ou nenhum agregado miúdo. A principal função da pasta formada pela água e o cimento é revestir os agregados graúdos e formar uma alta concentração de poros, estes responsáveis por absorver a água do solo de forma gradativa, atingindo valores entre 15% e 25% de porosidade (Bernucci, 2008).



Figura 9. Funcionamento do concreto permeável e sistema de drenagem
Fonte: Tecnosil, 2024.

3.3.2. Asfalto Permeável

Conhecido como CPA ou Camada Porosa de Atrito, sua composição é parecida com a do revestimento asfáltico convencional, porém, é retirada a areia fina e constituída apenas de agregados graúdos. A porosidade nesta mistura varia entre 18% e 25%, para permitir a infiltração rápida da água.

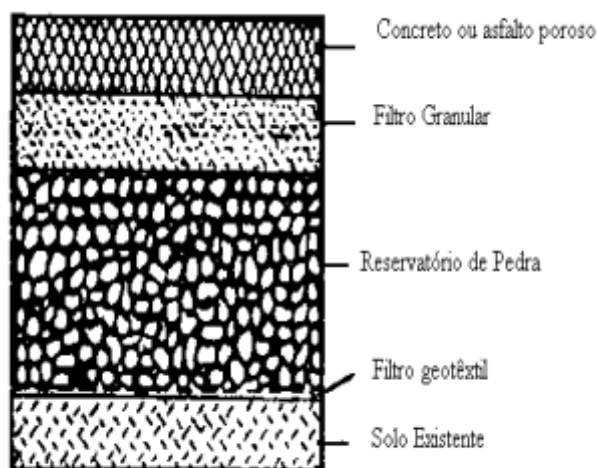
Neste caso, também podemos ressaltar outros fatores positivos:

- Melhora na aderência do pneu do veículo ao asfalto;
- Reduz o ruído produzido pelo atrito do veículo em movimento.



Figura 10. Asfalto permeável em um estacionamento
Fonte: Tecnosil, 2024.

Em sua produção do concreto permeável é essencial que não haja agregado miúdo (areia), garantindo a formação de vazios interligados a fim de assegurar a alta infiltração de águas pluviais no solo.



(i) e (ii) Concreto ou Asfalto Poroso

Figura 11. Pavimento permeável (concreto e asfalto poroso)
Fonte: Adaptado de Araújo; Tucci; Goldenfum, 2000.

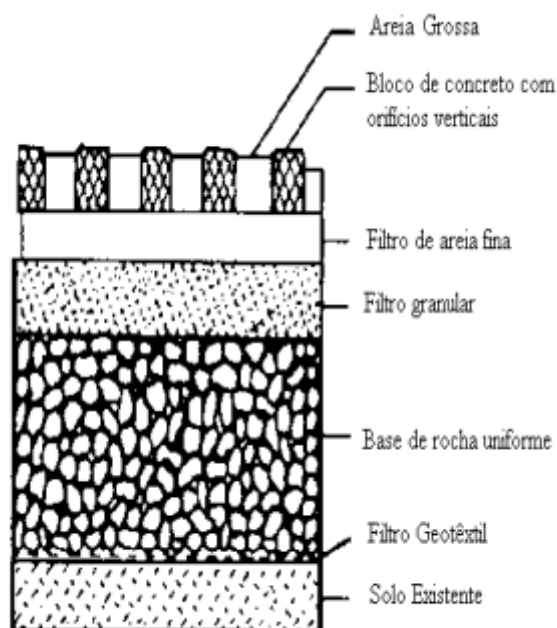
3.3.3. Blocos de concreto vazado

Conhecido também como pisograma, são blocos de concreto vazado desenhados com aberturas para que possam ser preenchidos com agregados ou gramináceos. O assentamento das peças é feito paralelamente de modo que a superfície se assemelhe a uma grelha ou um desenho simétrico, sendo excelentes em termos de porosidade e condutividade hidráulica (Virgillis, 2009).



Figura 12. Bloco de contrato pré-moldado vazado
Fonte: Virgiliis, 2009.

Representação das camadas na execução dos blocos de concreto vazados:



(iii) Blocos de Concreto Vazados

Figura 13. Pavimento permeável (Blocos de Concreto vazados)
Fonte: Adaptado de Araújo; Tucci; Goldenfum, 2000.

3.3.4. Pavimento intertravado

Esse tipo de pavimento é constituído por blocos maciços de concreto e seu assentamento é realizado sobre camada de areia, agregando porosidade e permeabilidade. Em suas extremidades, após assentado, deve se manter de forma instável e comprimida, sem folgas, para manter o conjunto de modo que não solte-se, sendo limitado a sarjetas ou vigotas de concreto para garantia de estabilidade. Esse revestimento permite tráfego de veículos de vários tipos, suportando cargas

elevadas, porém, a execução desse conjunto de componentes acaba resultando em um aumento significativo nos custos quando aplicada a essas condições específicas (Virgiliis, 2009).



Figura 14. Piso intertravado permeável com juntas alargadas
Fonte: Marchioni e Silva, 2010.

Além desse tipo de pavimento reduzir o escoamento superficial, por conta da absorção da água, também pode possuir juntas alargadas e rejuntadas, a fim de facilitar a absorção, com espaçadores incorporados as peças em espessuras entre 6 mm e 10 mm, proporcionando uma abertura de 5% a 15% na superfície, suficiente para que toda a água sobre esse pavimento infiltre, tornando-o permeável por completo. (Marchioni; Silva, 2010)

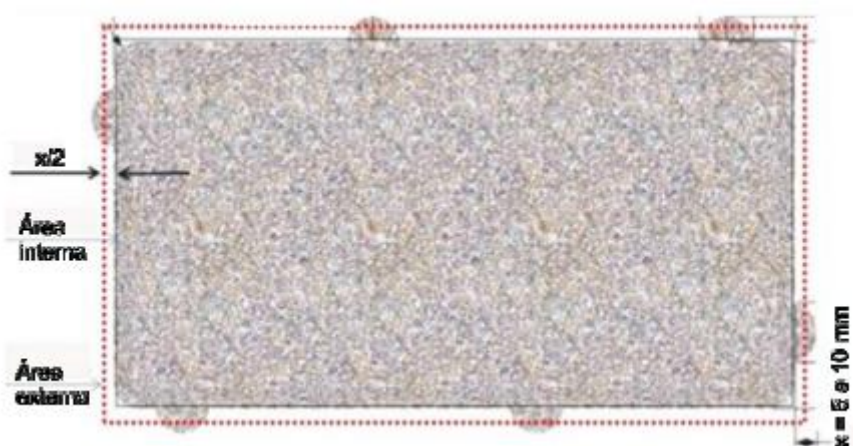


Figura 15. Modelo ilustrativo bloco de concreto com juntas alargadas
Fonte: Marchioni e Silva, 2010.

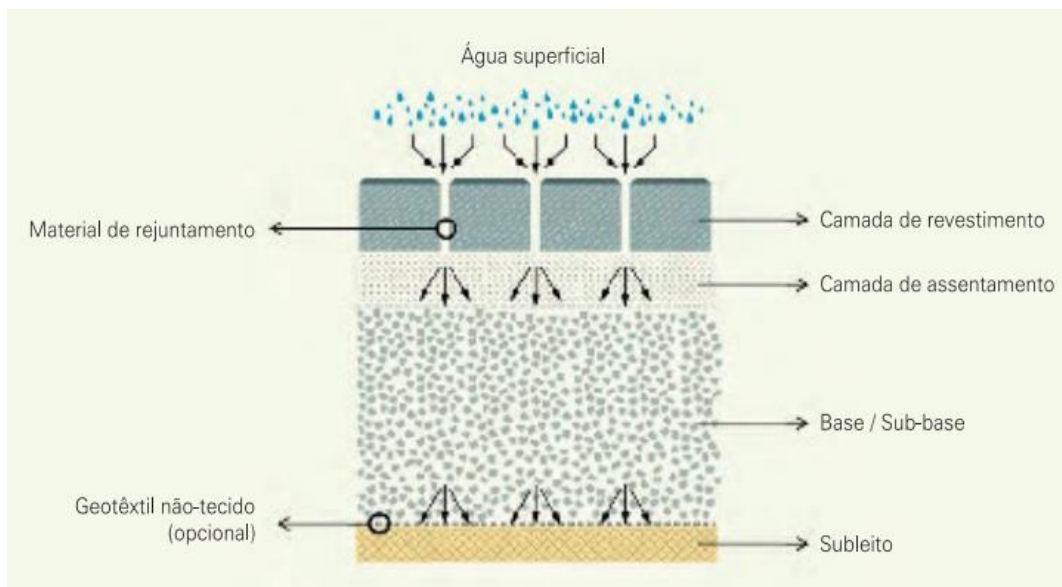


Figura 16. Sessão tipo de um pavimento intertravado permeável
 Fonte: Marchioni e Silva, 2010.

Segundo Araújo, Tucci e Goldenfum (2000), recomenda-se utilizar esses tipos de pavimento em calçadas e estacionamento para veículos leves como os shoppings centers e os grandes supermercados.

3.4. Manutenção

O acúmulo de sedimentos, autodenominado colmatção das juntas, em pavimentos permeáveis tende a diminuir sua eficiência de infiltração ao longo do tempo. Por essa razão é considerado que em 10 anos haja uma redução do escoamento de 90%. Essa condição pode variar dependendo do local em que foi executado o pavimento. Caso haja presença de fonte de sedimentos ou grande volume de tráfego, como jardins, esse pavimento pode alcançar a estimativa em menor tempo.

Esses sedimentos ficam limitados a parte superior do rejuntamento, em suas juntas onde pode ser removido para devolver permeabilidade a esse pavimento.

O processo de limpeza pode ser feito utilizando equipamento de aspiração para retirada de todo o sedimento e é recomendado ser feito anualmente, para garantir máxima permeabilidade da água. (Marchioni; Silva, 2010)



Figura 17. Colmatação das juntas da pavimentação intertravado permeável
Fonte: Marchioni e Silva, 2010.

4. CONSIDERAÇÕES

A pavimentação permeável surge como uma solução eficiente, sustentável e inovadora para os desafios urbanos e ambientais, enfrentados pelas grandes cidades modernas. Ao utilizar dessa ferramenta, é possível observar um avanço significativo na gestão de águas pluviais, promovendo a infiltração da água no solo a fim de reduzir o escoamento superficial e minimizar os riscos de alagamentos. Esse tipo de pavimentação não contribui apenas para a recarga dos aquíferos, atuando também como um filtro natural, fundamental para qualidade da água ao reter sedimentos e poluentes.

Além disso, a pavimentação permeável oferece melhorias na qualidade de vida significativa, bem como na qualidade do ar e da água, trazendo benefícios diretos à saúde pública, enquanto espaços mais verdes e frescos proporcionam áreas de convivência mais agradáveis.

Do ponto de vista econômico, embora o custo inicial de instalação possa ser mais elevado, os benefícios a longo prazo, como a redução de custos com infraestrutura de drenagem e menor necessidade de reparos devido à durabilidade do material, tornam esta tecnologia uma opção viável e estratégica.

No contexto de urbanização crescente, a pavimentação permeável deve ser considerada uma prioridade nas políticas públicas e nos projetos de planejamento urbano. Sua adoção em larga escala, aliada a outras práticas sustentáveis, tem o potencial de transformar as cidades em ambientes mais resilientes, saudáveis e sustentáveis, proporcionando não apenas benefícios ambientais, mas também sociais e econômicos. Assim, o investimento em pavimentação permeável é, antes de tudo, um investimento em um futuro urbano mais equilibrado e habitável.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, P. R.; 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, RS, 2000.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2007.

BRUNO, L. O.; AMORIM, R. S. S.; SILVEIRA, A. Estudo da Redução do Escoamento Superficial Direto em Superfícies Permeáveis. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 2, p. 237-247, abr./jun. 2013.

FURMAN, G. B.; EFFTING, C; GOMES, I. R. Simulação numérica da permeabilidade pluvial no concreto permeável pelo reticulado de boltzmann. *In: 30 SIC - Seminário de Iniciação Científica UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina*, s. d.

HÖLTZ, F. C. **Uso de concreto permeável na drenagem urbana**: análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental. 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

IBGE. **Censo 2022**: de 2010 a 2022 população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões. Uberlândia: IBGE, 2023.

MARCHIONI, M.; SILVA, C. O. **Pavimento intertravado permeável - melhores práticas**. São Paulo: ABCP, 2010. 24 p.

VIRGILIIS, A. L. C. **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. 2009. 213f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.