



FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL

RAFAEL DE MOURA

PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

UBÁ – MG

2017

RAFAEL DE MOURA

PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Dr.^a Érika Maria Carvalho Silva Gravina

UBÁ – MG

2017

RESUMO

O uso de pavimento permeável teve início há mais de 150 anos, contudo a sua verdadeira aplicação para as mais inúmeras finalidades veio a apresentar somente um grande avanço há pouco mais de 20 anos, principalmente nos EUA. Hoje em dia pesquisas sobre o asfalto permeável tem se tornado cada vez mais interessante para o mercado, pois muitas empresas e condomínios preferem o asfalto permeável em seus estacionamentos e imediações. Este trabalho tem por objetivo estudar os pavimentos permeáveis de asfalto, concreto poroso e de blocos intertravados de concreto permeável sendo eles vazado ou não, suas vantagens e desvantagens, execução, qualidade e a viabilidade técnica dos mesmos. Os pavimentos tradicionais procuram atingir o máximo teor de impermeabilidade, viabilizando assim uma maior proteção ao solo, evitando a umidade que reduz a resistência do solo pavimentado. Com o rápido crescimento das cidades e áreas urbanas, ocorreu uma grande impermeabilização do solo, resultando na alteração do ciclo hidrológico e com isso ocorrendo um grande impacto ambiental, agravando a escassez de água, a degradação da qualidade das águas pluviais e um grande crescimento das enchentes, principalmente em grandes cidades. Para ajudar nos problemas provenientes da impermeabilização do solo, uma solução adequada pode ser a implantação do pavimento permeável que tem a função de reduzir o escoamento superficial através de sua infiltração, reduzindo o trabalho da drenagem pluvial, e conseqüentemente diminuindo assim o risco de inundação. Além de realizar um trabalho de infiltração, se executado com um sistema de captação, o pavimento permeável pode proporcionar a captação e reutilização das águas pluviais.

Palavra-chave: Infiltração, Drenagem urbana, enchentes, sustentabilidade, captação de água pluvial.

Abstract

The use of pervious pavement began more than 150 years, yet your real application for numerous purposes came to present only a breakthrough for a little over 20 years, mainly in the USA. Nowadays research on permeable asphalt has become increasingly interesting for the market, since many companies prefer permeable asphalt and in their parking lots and surrounding area. The objective of this work is to study the permeable pavements of asphalt, porous concrete and interlocking blocks of permeable concrete, whether or not they are leaked, their advantages and disadvantages, execution, quality and technical feasibility. The traditional pavements look for the best waterproofing content, thus allowing greater protection to the ground, avoiding a unit that reduces the resistance of the paved soil. With the rapid growth of cities and urban areas, there was a great waterproofing of the soil, resulting in a change of the hydrological cycle and with this a great environmental impact, aggravating water scarcity, a degradation of the rainwater quality and a great growth of the floods, especially in big cities. The solution for the implantation of the permeable pavement that is a function of reduction of superficial flow through its infiltration, reducing the work of the drainage, and consequently reducing the risk of flood. In addition to performing an infiltration work, if performed with a catchment system, the permeable pavements can generate a capture and reuse of the rainwater.

Keywords: Infiltration, Urban drainage, floods, sustainability, rainwater captation.

1 INTRODUÇÃO

Os pavimentos tradicionais procuram atingir o máximo teor de impermeabilidade, viabilizando assim uma maior proteção ao solo, evitando a umidade que reduz a resistência do solo pavimentado. O solo mais úmido tende a perder resistência e isso faz com que o pavimento venha a ceder, e por esse motivo há uma grande impermeabilização do solo, onde sua superfície é selada para que não ocorra a infiltração de água nas camadas de solo.

Com o rápido crescimento das cidades e áreas urbanas, ocorreu uma grande impermeabilização do solo, resultando na alteração do ciclo hidrológico e com isso ocorrendo um grande impacto ambiental, agravando a escassez de água, a degradação da qualidade das águas pluviais e um grande crescimento das enchentes, principalmente em grandes cidades. No que se refere a sistema de esgotamento urbano, ele tem a função de afastar as águas derivadas das precipitações o mais rápido possível, contribuindo para a geração de eventos de inundações que se repetem e agravam todo o ano. Para uma solução adequada deste transtorno é essencial a princípio uma intervenção da ação pública para devolver ao solo as condições originais de retenção do escoamento, e um dos recursos é o pavimento permeável.

Segundo Canholi (2005) o uso de pavimento permeável teve início há mais de 150 anos, contudo a sua verdadeira aplicação para as mais inúmeras finalidades veio a apresentar somente um grande avanço há pouco mais de 20 anos, principalmente nos EUA. Hoje em dia pesquisas sobre o asfalto permeável tem se tornado cada vez mais interessante para o mercado, pois muitas empresas e condomínios preferem o asfalto permeável em seus estacionamentos e imediações.

Em alguns países têm sido feitas pesquisas, com o intuito de aprimorar e dominar a técnica do pavimento permeável, estudando seu comportamento, sua eficiência e durabilidade, abrangendo uma maior área de aplicação, trazendo benefício para o meio ambiente e para a população, sendo que no Brasil, esse dispositivo ainda é pouco conhecido e pouco aplicado.

Segundo Urbonas e Stahre (1993) pavimento permeável é um dispositivo de infiltração onde o escoamento superficial é desviado através de uma superfície permeável para dentro de um reservatório de pedra por onde infiltra através do solo, podendo sofrer evaporação, ou atingir o lençol freático. Essa água captada através

da infiltração superficial se não tiver contato com resíduos tóxicos, pode também ser armazenada para que venha ser reaproveitada a fim de substituir a água potável em fins menos nobres como: limpeza de pisos e equipamentos em geral, irrigação, drenagem sanitária, resfriamento e processos industriais, entre outros usos. Os pavimentos permeáveis podem ser:

- Asfalto permeável: é um composto asfáltico semelhante aos convencionais, porém, em sua composição é retirado toda a parte dos agregados finos do pavimento asfáltico.
- Concreto permeável: Seu composto é parecido ao do concreto convencional, porém, em sua composição é retirado toda ou quase toda parte de agregados miúdos, aumentando seu índice de vazios.
- Blocos de concreto permeável vazados: são blocos feito de concreto permeável vazados, e após sua execução seus furos são preenchidos com vegetação rasteira.
- Blocos de concreto permeável: são blocos de concreto intertravados feitos de concreto permeável.

O presente trabalho, tem como objetivo estudar os pavimentos permeáveis de asfalto, concreto poroso e de blocos intertravados de concreto permeável, suas vantagens e desvantagens, execução e qualidade.

O pavimento permeável é um material sustentável que possibilita a penetração da água em sua superfície e conseqüentemente retarda o escoamento para a jusante, diminuindo assim os riscos de enchentes, alimentando o lençol freático ou reutilizando em processos simples como: substituir a água potável em fins menos nobres e proporcionar economia para o local aplicado.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Impermeabilização do solo

Com o crescimento acelerado da ocupação urbana e das indústrias em países mais pobres e que se preocupavam mais em progresso industrial, ocorreram problemas de infraestrutura, esses problemas são mais severos em países como o Brasil, em relação aos aspectos sociais.

... nas regiões que, em curto espaço de tempo, se transformaram em áreas industrializadas através da importação de tecnologia, capital e a instalação maciça de empresas tracionais, como ocorreu na América Latina, na Ásia e na África, os problemas ambientais urbanos são mais sérios e agravados pelos problemas sociais (ROSS, 1996, p.215)

Segundo Canholi (2005) durante muitos anos, tanto no Brasil como em outros países, a drenagem pluvial urbana tanto em grandes metrópoles como em cidades pequenas, foi deixada de lado dentro do contexto do parcelamento do solo para uso urbano. O avanço das áreas urbanizadas, e conseqüentemente impermeabilizadas, ocorreu a partir das zonas mais baixas, próximas as várzeas dos rios ou a beira mar, em direção a colinas e morros, em razão da necessária interação da população com os corpos hídricos utilizados como fonte de alimento e via de transporte.

Tucci (2009) define drenagem urbana como um conjunto de medidas capazes de diminuir os danos causados às populações por enchentes. Estas medidas vão desde o planejamento do uso da ocupação do solo, à construção de obras específicas para drenagem. Cita ainda que a urbanização é a que mais interfere na drenagem urbana, pois altera diretamente o escoamento superficial da água. Deste modo, é notório que o escoamento possui níveis maiores devido à impermeabilização do meio urbano, nos mostrando a importância de áreas de infiltração que contribui significativamente na dissipação da água da chuva.

As enchentes em áreas urbanas podem ser de dois tipos, uma delas é a enchente em áreas ribeirinhas, ou seja, são enchentes naturais e já previstas em eventos chuvosos extremos. Outro tipo de enchente, é a causada pela urbanização, que impermeabiliza o solo de maneira que uma parcela de água que iria infiltrar, agora escoar pelos condutos, aumentando o volume e demandando maior

capacidade de escoamento na condução de água. Logo, um dos grandes efeitos da urbanização neste contexto, é o aumento da vazão máxima, a antecipação do pico e o aumento de volume do escoamento superficial. Para que não ocorram tais enchentes, além da canalização, existem dispositivos que auxiliam no controle, dentre eles, o uso de um pavimento que possibilite infiltração, o armazenamento da água da chuva em telhados e a existência de pequenos tanques residenciais (TUCCI.2003).

Portanto a aplicação do pavimento permeável em passeios públicos, em grandes ou pequenos estacionamentos de mercados, shopping e fábricas e em algumas áreas, contribui em parcela significativa na ajuda da penetração de água, podendo a mesma ser armazenada para uma reutilização, ou deixando que a água infiltre e alimente o lençol freático, diminuindo assim o escoamento superficial e o possível acúmulo de água que poderá resultar em inundação, contribuindo para a alimentação das nossas reservas de água. (MARTINS.2014)

O piso que impermeabiliza o solo, como o asfalto impermeável interfere diretamente no ciclo das chuvas e na penetração da água no solo, caracterizando uma ação predatória do ser humano contra a natureza.

De acordo com a UNESCO¹ escassez de água no mundo é um tema atual e muito debatido, estima-se que nos próximos cinquenta anos, problemas relacionados com a falta de água afetarão a todos. Uma dessas causas é a predação do homem, que continua intervendo no ciclo hidrológico, desmatando, impermeabilizando o solo, e poluindo o meio ambiente.

Com a escassez de água que enfrentamos uma boa solução pode ser a captação e a reutilização dessas águas que muitas vezes são perdidas ou contaminadas. A reutilização ou reuso de água não é um novo conceito e tem sido desenvolvido em todo o mundo há muitos anos. Há informações de sua aplicação na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. Todavia, a procura crescente por água tem feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância. Assim, deve-se considerar o reuso de água como parte de uma ação mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água. (MARTINS.2014)

¹ <https://tecpavimentos.wordpress.com/2012/12/06/576/>

2.2 Pavimentos permeáveis

Araújo *et. al.* (2000) define pavimentos permeáveis sendo aqueles que possuem vazios por onde a água é capaz de escoar, fazendo com que a mesma se infiltre no solo ou seja captada por um sistema de drenagem. O pavimento permeável tem a função de reduzir o escoamento superficial através de sua infiltração, reduzindo o trabalho de drenagem, e conseqüentemente diminuindo a assim o risco de inundação. Além de realizar um trabalho de infiltração, se executado com um sistema de captação, o pavimento permeável pode proporcionar a captação e reutilização das águas pluviais.

O pavimento permeável foi desenvolvido nos anos 1970, no *Franklin institute* na Filadélfia, PA, USA. A sua principal aplicação é em estacionamentos de veículos, mas pode ser aplicado em pátios, playgrounds, calçadas e etc. com uma visão mais sustentável, o objetivo é buscar a diminuição do escoamento superficial e permitir a infiltração da água no solo. Neste caso o pavimento permeável vem se transformando em um componente fundamental, por ser capaz de contribuir com a redução das cheias, a captação de água, e o abastecimento de aquíferos. A estrutura dos pavimentos permeáveis é constituída por uma base de infiltração e revestida por asfalto ou concreto poroso ou por blocos de concreto permeável intertravados, vazados ou não.

Urbanas e Stahre (1993) mencionam que não há muitas restrições para o uso do pavimento permeável, exceto em locais onde há índice de trânsito pesado e em locais onde o solo não permite a infiltração da água devido à sua baixa permeabilidade, ou se o nível do lençol freático for alto. Neste caso o pavimento permeável poderá funcionar como um poço onde irá armazenar a água por um certo período, utilizando para isso uma membrana impermeável entre o reservatório e o solo existente, o sistema de esgotamento é feito com canos perfurados, prevendo a retirada de toda à água em um tempo de 6 a 12 horas. Outra solução pode ser a instalação de um sistema de captação onde toda a água é levada para uma cisterna e lá armazenada para ser usada para outros meios. Há igualmente, restrição quando a qualidade da água de infiltração levar a poluição de águas subterrâneas.

2.2.1 Asfalto permeável

De acordo com *Bernucci et.al.* (2008) a cobertura de asfalto permeável é constituída de forma semelhante às convencionais, no entanto é retirado a porção de agregados miúdos da sua composição e é feito o acréscimo de alguns aditivos permitindo que sejam mantidos os vazios. É conhecida como camada porosa de asfalto ou camada de atrito. O resultado dessa graduação é um composto asfáltico capaz de conter de 18% a 25% de vazios, proporcionando rápida passagem da água. Além da sua permeabilidade, (FIG. 1) o asfalto permeável possui também algumas vantagens como o acréscimo da aderência e a redução de ruído.

Figura 1 – Material betuminoso permeável



Fonte: Gonçalves e Oliveira (2014)

2.2.2 Concreto permeável

Segundo *Bernucci et.al.* (2008) o concreto permeável, (FIG. 2) também possui sua composição semelhante ao convencional. A mistura é composta de materiais cimentícios, agregado graúdo e água com pequena proporção ou nenhuma de agregados finos. A inclusão de uma pequena quantidade de agregados finos irá normalmente reduzir o teor de vazios e aumentar a resistência, o que pode ser desejável em determinadas situações. Este material é sensível a alteração no teor

de água, de modo que o ajuste de campo da mistura fresca é normalmente necessário. Um composto adequado trará uma aparência à mistura de um molhado-metálico e deve apresentar 15% a 25% de vazios. Como consequência, o concreto permeável possui uma menor resistência comparado ao concreto convencional e é indicado para locais de tráfego leve e de pouca intensidade.

Figura 2 – Material de concreto permeável



Fonte: Gonçalves e Oliveira (2014)

2.2.3 Pavimento de blocos intertravados

De acordo com a ABNT NBR 15953 (2011) pavimento intertravado é um pavimento flexível onde sua estrutura é composta por uma camada de base ou sub-base, seguido pela camada de revestimento constituído de peças de concretos sobrepostas, onde as juntas entre as peças são preenchidas por um material de rejuntamento. O intertravamento do sistema é proporcionado por contenções laterais.

Peças de concreto são componentes pré-moldados utilizados como material de revestimento em pavimento intertravado, no caso do pavimento permeável essas peças são fabricadas a partir do concreto permeável. Segundo a ABNT NBR 15953 (2011) os blocos de concreto podem ser blocos de concreto permeável vazado ou blocos de concreto permeável.

2.2.3.1 Pavimento de blocos de concreto permeável vazado

Bernucci et. al. (2008) definem blocos de concreto vazados como peças de concreto com furos, onde sua execução é feita sobre material granular e seu travamento é dado por contenções laterais após instalados seus furos são preenchidos com vegetação rasteira que além de ajudar na infiltração, tem a função de prevenir o carreamento de areia fina para as camadas granulares inferiores, (FIG.3).

Figura 3 – Blocos de concreto permeável vazado



Fonte: Gonçalves e Oliveira (2014)

2.2.3.2 Pavimento de blocos de concreto permeável

Bernucci et. al. (2008) define blocos intertravados de concreto como peças maciças e feitas de concreto permeável, cuja relevância depende da porcentagem de vazios do seu material de fabricação e da granulometria do material de assentamento. (FIG.4)

Figura 4 – Pavimento executado de bloco de concreto permeável



Fonte: Gonçalves e Oliveira (2014)

2.3 Comparação e desempenho dos pavimentos permeáveis.

De acordo com Motta e Prado (2016) na elaboração de um projeto e instalação do pavimento permeável é fundamental e de extrema importância algumas questões e considerações na execução, a fim de alcançar resultados como o planejado. Portanto, o desempenho da permeabilidade do pavimento é de extrema importância, pois, se os resultados não forem satisfatórios o projeto e o uso do pavimento se tornam inviáveis para a sua instalação.

2.3.1 Experimento de desempenho dos pavimentos

Araújo et. al. (2000) a fim de determinar as leis da infiltração e o escoamento superficial, realizaram um experimento que buscou simular chuvas em diferentes tipos de pavimentos. O experimento foi efetuado no Instituto de Pesquisa Hidráulica (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

O experimento foi capaz de fornecer um melhor conhecimento dos processos da produção de escoamento em várias situações, possibilitando relacionar o

comportamento do uso dos pavimentos permeáveis em relação aos pavimentos convencionais.

As superfícies selecionadas para tal experimento foram:

- Solo tradicional compactado possuindo uma inclinação de 1 a 3% (FIG. 5).

Figura 5 – Solo compactado



Fonte: Araujo et. al.(2000)

- Pavimento impermeável - concreto convencional utilizado em calçadas com inclinação aproximada do calçamento de 4%. (FIG. 6)

Figura 6 – Pavimento impermeável convencional



Fonte: Araujo et. al.(2000)

- Pavimento semipermeável – calçamento de paralelepípedos com inclinação do calçamento de 4%. (FIG. 7)

Figura 7 – Pavimento semipermeável de paralelepípedo



Fonte: Araujo et. al.(2000)

- Pavimento semipermeável – foram utilizados blocos de concreto convencional com inclinação do calçamento de 2%. (FIG. 8)

Figura 8 – Pavimento semipermeável de concreto convencional



Fonte: Araujo et. al.(2000)

- Pavimento permeável – Foram utilizados blocos de concreto permeável vazados, seus furos foram preenchidos com material granular e com inclinação do calçamento de 2%. (FIG. 9)

Figura 9 – Pavimento permeável de blocos de concreto vazado



Fonte: Araujo et. al.(2000)

- Pavimento permeável – Utilizou-se concreto permeável, com inclinação do calçamento de 2%. (FIG. 10)

Figura 10 – Pavimento de concreto permeável



Fonte: Araujo et. al.(2000)

No experimento em questão foram realizadas simulações da chuva com duração de 10 min, período de retorno de 5 anos e intensidade de 111,9 mm/h, o experimento foi igual para todos os tipos de pavimentos. É possível observar os resultados na Tab. 1.

O coeficiente de escoamento é determinante para o ensaio, pois, quanto menor é o coeficiente de escoamento, menor será o escoamento superficial direto, e conseqüentemente menor será a água escoada para a jusante. O coeficiente de escoamento é determinado através da razão entre o escoamento total (mm) e a chuva total (mm).

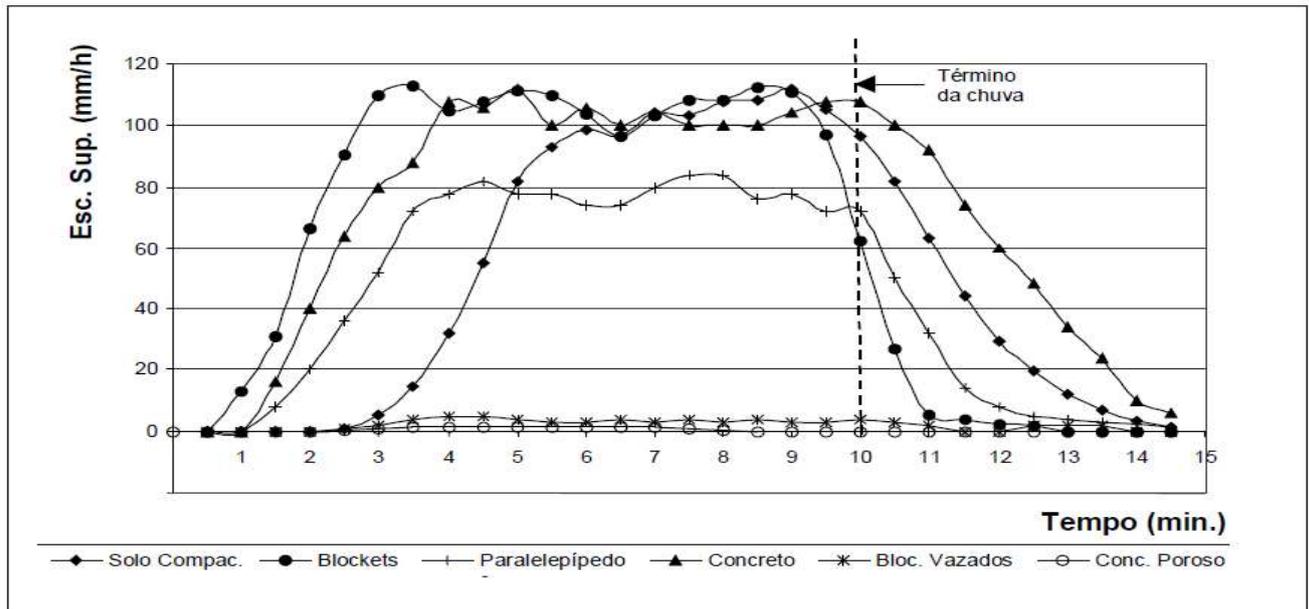
De acordo com os resultados da Tab.1 e no Gráfico 1 é notório o resultado positivo da contribuição dos sistemas permeáveis em relação aos outros tipos de pavimentos, inclusive em superfícies sem interferência urbana como no caso estudado, o solo compactado.

Tabela 1 – Resultados do experimento de desempenho dos pavimentos

	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
Coeficiente 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 et.al.(2000)

Gráfico 1 – Análise de desempenho dos pavimentos



Fonte: Araújo et.al.(2000)

2.3.2 Comparação entre os pavimentos

Marchione e Silva (2010) realizaram também algumas comparações englobando diferentes concepções dos pavimentos, incluindo o asfalto permeável. No Quadro 1 tem-se uma síntese dos critérios mais relevantes, como o tipo de uso, a capacidade de absorção o custo de implantação, custo de manutenção, retenção de partículas solidas, entre outros. Pode-se observar que o pavimento permeável possui um custo de implantação e de manutenção de média a alta em relação aos pavimentos impermeáveis, porém sua capacidade de absorção é melhor em relação aos outros pavimentos, levando em conta que a de um pavimento impermeável é praticamente nula. É importante a comparação dos tipos de pavimentos ao se executar um projeto, levando em conta seu custo, sua manutenção, o local de aplicação e se não trará nenhum impacto para a região onde será executado.

Quadro 1 – Comparação entre os pavimentos

Critérios\Material	Solo natural	Blocos vazados	Asfalto poroso	Concreto poroso	Revestimento impermeável
Tipo de uso	Praças Estacionamento Vias de pedestres Quadras esportivas	Praças Estacionamento Vias de pedestres Calçadas	Todos os usos, desde que com estrutura reforçada	Todos os usos, desde que com estrutura reforçada	Todos os usos
Capacidade de absorção	Varia de acordo com o material	Média	Boa	Boa	Nula
Periodicidade de manutenção	6 meses	6 meses a 1 ano	Varia de acordo com o uso (6 meses a 2 anos)	6 meses a 2 anos	Depende do local
Custo de Implantação	Baixo	Alto	Médio	Médio	Médio
Custo de Manutenção	Médio	Alto	Médio a alto	Médio a alto	Boa
Resistência/arrancamento	Medíocre	Boa	Média	Médio a boa	Boa

Fonte: *Marchioni e Silva* (2010)

2.9 MÉTODO DE ENSAIO

De acordo com a ABNT NBR 16416 (2015) antes da execução de um pavimento permeável é necessária uma avaliação prévia feita em laboratório para a aprovação dos materiais do revestimento com simulação das condições de permeabilidade do revestimento, porém para a aprovação final de qualquer tipo de pavimento permeável em relação ao seu coeficiente de

permeabilidade é necessário a realização de um ensaio realizado em campo, após a execução final dos pavimentos.

O método segundo Marchione e Silva (2010) consiste no ensaio ASTM 1701 – *standard test method for infiltration rate of in place previous concrete*). No ensaio é utilizado um cilindro de 30 centímetro de diâmetro, com uma altura de no mínimo 20 centímetros. O cilindro deve ser posicionado sobre a superfície do pavimento e para evitar perdas, a borda do cilindro deve ser vedada com massa de calafetar de acordo com a FIG. 11.

Figura 11 – Método de ensaio



Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2015)

Para iniciar o ensaio é necessário despejar 3,6 litros de água no interior do cilindro e esperar a infiltração para que ocorra a saturação do solo. Se o tempo da pré-molhagem for inferior a 30 segundos, deve se utilizar 18 litros de água na execução do ensaio, porém se o tempo for superior a 30 segundos é utilizado 3,6 litros de água. Após determinada a quantidade de água e saturação do solo, o ensaio deve ser executado repetindo o procedimento anterior a fim de obter o tempo que a água levará para infiltrar.

Na pré-molhagem e durante o ensaio é necessário manter o fluxo de água constante a uma altura de 10 a 15 milímetros dentro do cilindro, sempre controlando o tempo de infiltração. O coeficiente de permeabilidade é obtido pelo cálculo matemático sobre a lei de Darcy:

$$I = \frac{K * M}{D^2 * T}$$

Onde temos:

I = Coeficiente de Permeabilidade (mm/h)

M= É a quantidade da massa de água infiltrada no pavimento (kg)

D= É a dimensão do diâmetro interno do cilindro (mm)

T= É o Intervalo de tempo entre o despejamento da água e a sua total infiltração no solo(s)

K=4.583.666.000

2.4 Medidas para Melhorar o Desempenho

Inicialmente, é de extrema importância a verificação do local onde futuramente será feita a instalação da estrutura. Devido a qualidade da água, que se estiver contaminada pode vir a acarretar problemas de contaminação aos lençóis d'água, vindo a causar grandes problemas ambientais. Além do que, é necessário a verificação do tipo de solo nativo, pois, se o mesmo apresentar problemas de permeabilidade, o desempenho final dos pavimentos pode vir a ser prejudicado. (MARCHIONI E SILVA.2010)

Com o passar do tempo, alguns elementos podem afetar os resultados de desempenho e prejudicar o pavimento permeável a chegar a sua máxima eficácia. Para que isso não venha a ocorrer é necessária uma manutenção feita periodicamente na superfície do pavimento, com a finalidade de retirar qualquer substância sólida dos poros superficiais. Substâncias sólidas soltas em torno do local devem ser evitadas, pois com a ação do vento essas substâncias podem ser carregadas e atrapalhar a passagem da água através dos poros, reduzindo a vida útil do pavimento. (MARCHIONI E SILVA.2010).

2.5 Dimensionamento do pavimento permeável

O pavimento permeável ainda é um tema de estudo e pesquisa, por se tratar de um implemento novo na área de engenharia, muitos autores procuram conceitos e fórmulas matemáticas para que se possa chegar a um dimensionamento mais seguro e correto.

ARAUJO *et. al.* (2000) determina que o dimensionamento do pavimento permeável está relacionado com a eficiência de infiltração da sua superfície. A precipitação do projeto é obtida pela equação de intensidade, duração e frequência do local, baseado no período de retorno do projeto.

Para um pavimento permeável sem captação de água, a base do pavimento serve como um reservatório interno feito de pedras e deve assegurar o volume de água da chuva determinado em projeto, menos o volume infiltrado no período de chuva. Esse volume pode ser determinado através da equação:

$$VR = (ip + c - I) \cdot td$$

Onde:

VR = É o volume de chuva que o reservatório de pedras deve comportar (mm);

ip = É a máxima intensidade de chuva no período previsto (mm/h);

I = Coeficiente de permeabilidade (mm/h);

td = É a duração da chuva (horas);

c = fator de contribuição de áreas externas ao pavimento permeável. Essas áreas contribuintes são áreas de pavimentos impermeáveis que ficam em torno dos pavimentos permeáveis e tem seu escoamento superficial levado para a superfície de infiltração do pavimentos permeável. Esse fator de contribuição e dado pela equação:

$$c = \frac{ip \cdot Ac}{Ap}$$

onde:

A_c = área externa de contribuição para o pavimento permeável (mm);

A_p = área de pavimento permeável (mm);

i_p = é a máxima intensidade de chuva no período previsto (mm/h);

Após determinar a quantidade de chuva que o reservatório é capaz de suportar, podemos então determinar, a altura interna do reservatório de pedra do pavimento. A equação para a determinação da altura é dada por:

$$H = \frac{VR}{f}$$

onde:

VR = É o volume de chuva que o reservatório de pedras deve comportar (mm);

H = Altura do reservatório de pedras (mm);

f = porosidade do pavimento, que é determinada em laboratório, ou pelos responsáveis pela execução do pavimento:

2.6 Parâmetros de projeto

De acordo com Virgiliis (2009) para a aplicação do pavimento permeável, e necessário ter alguns parâmetros para o projeto. Além do mais é necessário antes de tudo um estudo mais aprofundado do local e do solo onde será a sua aplicação. Esses parâmetros são:

- Área da bacia de contribuição: deve-se controlar o local que as águas provenientes das chuvas serão direcionadas. Na situação dos pavimentos permeáveis, o recomendado é ter uma área de controle menor do que 100.000 m².
- Nível do lençol freático: é outro fator que influencia diretamente no desempenho dos pavimentos permeáveis, o nível máximo que o lençol freático pode estar das camadas do pavimento permeável é de 1m abaixo do fundo do dispositivo.

➤ Risco de contaminação de aquífero: é de extrema importância o estudo do em torno, onde deve-se verificar se há algum tipo de risco de contaminação ou se o aquífero do local em questão é sensível à poluição, caso isso venha a ser constatado não é recomendado a utilização de pavimentos permeáveis.

➤ Fragilidade do solo à ação da água: alguns solos com a presença de água podem ter suas características modificadas e vir a sofrer algum tipo de deformação. Mesmo diante da medida de detenção ou retenção, o solo onde a estrutura ira ser instalada pode vir a se tornar muito barrento, trazendo risco da estrutura ceder.

➤ Permeabilidade do subsolo nos dispositivos de infiltração: em locais em que o subsolo apresenta baixa taxa de infiltração não é recomendado o uso dos pavimentos permeáveis com infiltração no solo, porém, pode-se utilizar pavimentos permeáveis com sistemas de captação.

➤ Declividade do terreno: em locais que possuem altas declividades não é recomendado a instalação de pavimento permeável.

➤ Disponibilidade de área: independente da necessidade de grandes espaços, o pavimento permeável possui a eficiência de ser implantado na modificação de pavimentos comuns e em diferentes locais, como locais de tráfego leve, calçadas, praças, pátios e estacionamentos, aumentando assim a disponibilidade de locais em que os pavimentos podem vir a ser implantados.

➤ Presença de instalações subterrâneas: se no determinado local houver outras redes instaladas, como rede de esgoto, luz, entre outros, o pavimento permeável só poderá ser implantado se os mesmos puderem ser transferidos ou modificados.

➤ Grandes esforços e tráfego intenso: não é recomendada a implementação de pavimentos permeáveis em áreas de tráfego pesado e intenso.

➤ Flexibilidade do desenho: a implementação do pavimento permeável e de fácil modificação e está somente delimitada à geometria do local, podendo se adaptar ao seu local de execução.

➤ Disponibilidade de modificação: com a necessidade de criação de camadas permeáveis para a instalação do pavimento permeável, é necessário modificar o terreno trabalhado, fazendo escavações e adaptações para um

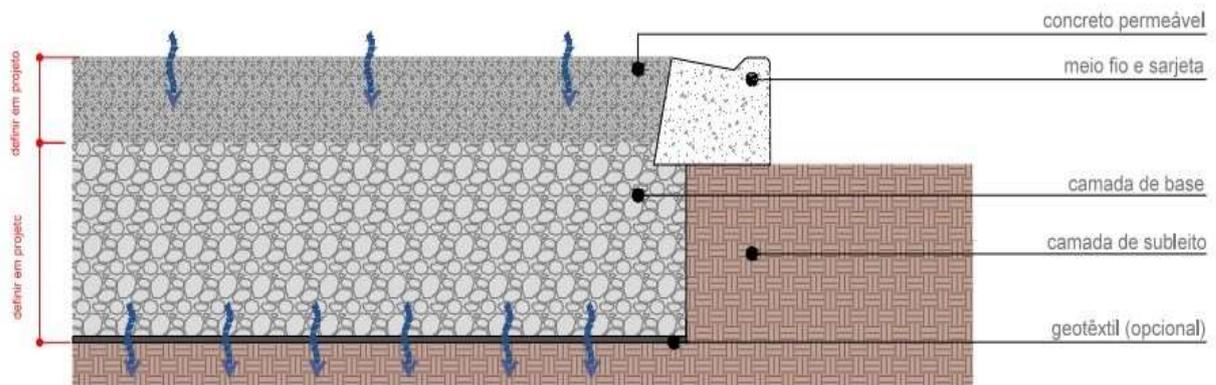
melhor desempenho do mesmo, deste modo, a instalação do pavimento permeável só poderá ser feito se a área da superfície puder sofrer alterações.

2.7 Execução das camadas do pavimento permeável

2.7.1 Pavimento permeável com infiltração total no solo

Na Fig. 12 observa-se um esquema das camadas que serão executadas para um pavimento com infiltração total no solo.

Figura 12 – Esquema das camadas de um pavimento permeável com infiltração total no solo



Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2008)

De acordo com Virgiliis (2009), depois de ser feito todo o estudo do solo, o dimensionamento das camadas de base e sub-base deve ser feito para funcionar como um tipo de reservatório, para que a água possa infiltrar calmamente no solo, e também suportar a carga solicitada. A altura das camadas irá ter variações em função do tipo de tráfego, tipo de solo e o regime de chuvas da região. É sugerido que na base seja utilizado um agregado com volume de vazios maior que 40%. As etapas de execução para um pavimento permeável com infiltração total no solo são:

- Limpeza do terreno e topografia: retira-se o material vegetal e os entulhos, levando os mesmos para uma área de descarte e de lá para aterros licenciados, (FIG. 13). A parte de topografia fica responsável pela locação da obra, os topógrafos fazem a locação posicionando estacas de 10 em 10 metros no sentido longitudinal e transversal.

Figura 13 – Limpeza do terreno



Fonte: Virgiliis (2009)

➤ Abertura da caixa de pavimentação: logo após terminado a limpeza e locação da obra parte-se para a abertura da caixa de pavimentação, como pode ser visto na FIG. 14 onde é determinado em projeto seu tamanho e altura para que a mesma possa vir a receber as várias camadas infiltrantes do material de base.

Figura 14 – Abertura da caixa de pavimentação



Fonte: Virgiliis (2009)

➤ Nivelamento e Compactação: no solo onde será executado o pavimento é necessário otimizar o terreno para que ele possa vir a ficar o mais plano possível, então é feito o espalhamento e a compactação do solo, como pode ser visto na FIG. 15. Porém o solo não pode vir a ser compactado demais para que não prejudique a infiltração do mesmo,

Figura 15- Nivelamento e compactação do solo



(a)

(b)

Fonte: Virgiliis (2009)

➤ Rede de drenagem: a rede de drenagem de tubos de 300mm e 400 mm tipo ponta e bolsa de concreto é assentada sobre um berço de brita 3, (FIG. 16). A rede de drenagem deve obedecer rigorosamente aos parâmetros impostos em projeto.

Figura 16 – Instalação da rede de drenagem



(a)

(b)

Fonte: Virgiliis (2009)

➤ Assentamento da manta geotêxtil: manta geotêxtil é uma manta que possui uma alta permeabilidade e uma boa capacidade de retenção de sólidos, ela é utilizada como um filtro drenante para a eliminação de acúmulos superficiais, é assentada diretamente sobre o subleito de acordo com a FIG. 17, e é previamente salgada com uma fina camada de pó de pedra e depois espalhado sobre ela outra camada de pó de pedra que serve como uma proteção para a mesma.

Figura 17 – instalação da manta geotêxtil.



Fonte: Virgiliis (2009)

➤ Colocação e compactação do material de base: é feito o espalhamento de pedra de 19 mm de diâmetro, sendo aplicadas em camadas de 10 cm e compactadas com um rolo compactador liso e com vibração intermediária, até atingir sua altura máxima que é determinada em projeto, (FIG.18).

Figura 18 - Colocação e compactação do material da base.



(a)

(b)

Fonte: Virgiliis (2009)

➤ Execução das guias e sarjetas: após a compactação das camadas, são executadas guias e sarjetas de acordo com a Fig.19, determinadas previamente em projetos, nos pavimentos intertravados as guias e sarjetas além da importância do escoamento de água, tem também importância no travamento dos blocos.

Figura 19 – Instalação das guias e sarjetas.

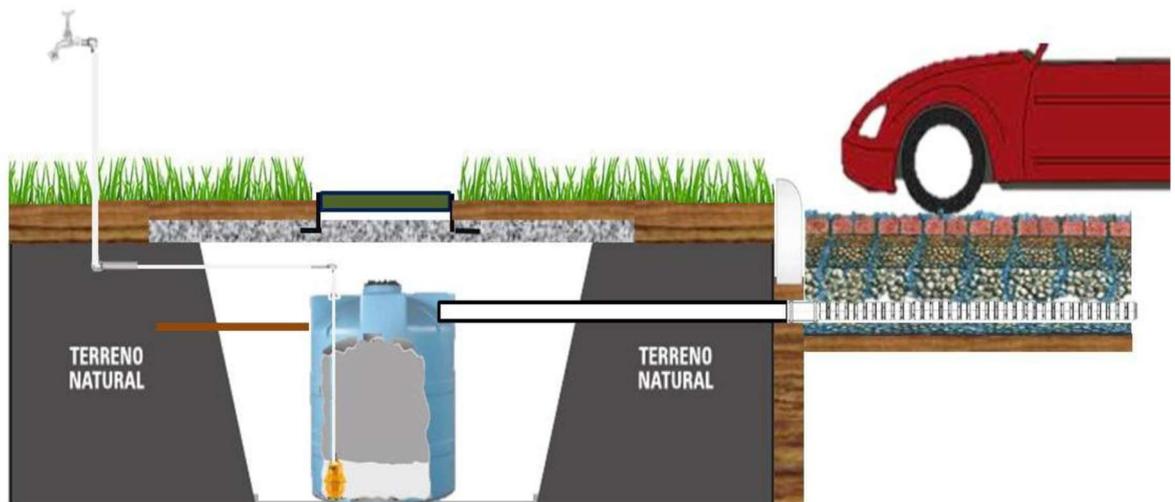


Fonte: Virgiliis (2009)

2.7.2 Pavimento permeável com captação de água.

Na FIG. 20 observa-se um exemplo de pavimento permeável com captação de água.

Figura 20 - Esquema de um pavimento com captação de água.



Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2015)

De acordo com Virgiliis (2009), a execução das camadas do pavimento permeável com captação de água de chuva é semelhante a do pavimento permeável com infiltração total no solo, porém como o próprio nome diz em vez da água infiltrar-se para o solo, ela é captada e armazenada para fins de consumo secundário, como descarga, lavagem de piso e limpeza em geral. Os passos para a execução do pavimento permeável com captação de água são:

- Limpeza do terreno e topografia: é feita a limpeza do terreno, retirando o material vegetal e os entulhos, levando os mesmos para uma área de descarte e de lá para aterros licenciados. A parte de topografia fica responsável pela locação da obra, os topógrafos fazem a locação posicionando estacas de 10 em 10 metros no sentido longitudinal e transversal.
- Abertura da caixa de pavimentação: logo após terminado a limpeza e a locação, parte-se para a abertura da caixa de pavimentação, seu tamanho e altura e previamente determinado em projeto para que a mesma possa vir a receber as várias camadas infiltrantes do material de base.
- Nivelamento e Compactação: no solo onde será executado o pavimento é necessário otimizar o terreno para que ele possa vir a ficar o mais plano possível, então é feito o espalhamento e a compactação do solo.
- Assentamento da manta impermeável: nesta etapa da execução é um pouco diferente, pois é colocado uma manta impermeável sobre o solo para que o mesmo seja protegido e não venha sofrer saturação, fazendo com que aumente a condição de armazenamento da água. É feito também uma proteção no entorno do pavimento onde há encontro entre a parte permeável e impermeável,(FIG 21).

Figura 21 – Instalação da manta impermeável.



Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2015)

➤ Instalação dos tubos drenos: nesta parte da execução, é feita a instalação dos tubos dreno, o mesmo é colocado sobre a manta impermeável, (FIG. 22). O tamanho dos tubos deve ser previsto em cálculo, mas normalmente são usados tubos de 4 polegadas, pois acelera a retirada da água da estrutura levando-a para o ponto de coleta, que é chamado de cisterna.

Figura 22 – instalação dos tubos de Drenagem.



Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2015)

➤ Instalação da cisterna: o tamanho da cisterna também deve ser previsto em cálculo, levando em consideração o período e o tempo de chuva, e o coeficiente de permeabilidade. Como pode ser observado na FIG. 23 é escavado um buraco para a instalação do reservatório, onde deve se levar em consideração o nível da cisterna e o nível da entrada do tubo drenante do pavimento, para que a água captada seja direcionada por gravidade até o local.

Figura 23 – Instalação da cisterna



Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2015)

➤ Colocação e compactação do material de base: é feito o espalhamento de pedra de 19 mm de diâmetro, sendo aplicadas em camadas de 10 cm e compactadas com um rolo compactador liso e com vibração intermediária, até atingir sua altura máxima que é determinada em projeto, (FIG. 24).

Figura 24 – Instalação e compactação das camadas



Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2015)

➤ Execução das guias e sarjetas: após a compactação das camadas, são executadas guias e sarjetas, determinadas previamente em projetos.

2.8 Execução do pavimento permeável.

2.8.1 Asfalto permeável.

Segundo Virgiliis (2009), a execução do asfalto permeável é dada pelas seguintes etapas:

➤ Execução do Macadame Betuminoso: é feito uma preparação com uma camada de 5 cm de suporte ao revestimento com macadame betuminoso, esse material e travado com brita 1 e pedrisco que são compactados com rolo vibratório liso, (FIG. 25)

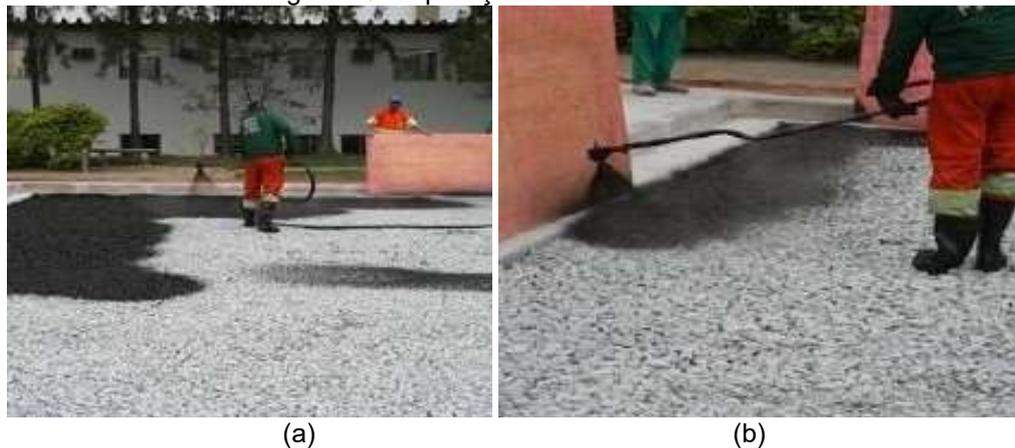
Figura 25 – execução do Macadame



Fonte: Virgiliis (2009)

➤ Imprimadura com ligante asfáltico: depois da execução e compactação do macadame, o mesmo recebe um ligante de asfalto diluído de petróleo tipo CM-30, que é o resultado da diluição do cimento asfáltico por destilados leves de petróleo, fazendo o produto asfáltico menos viscoso e podendo ser aplicados a temperaturas mais baixas, na proporção de 0,8 litros/m². Esse ligante asfáltico é aplicado à quente e de forma rápida apenas para a aderências aos grãos, e sem reduzir significativamente seu teor de vazios. Observa-se na FIG. 26 a aplicação do material ligante betuminoso.

Figura 26 – Aplicação do material Betuminoso



Fonte: Virgiliis (2009)

➤ Camada de Asfalto permeável: para finalizar é executado o concreto asfáltico permeável, como pode ser visto na FIG. 27, seu índice de permeabilidade é determinado através dos ensaios de permeabilidade e o volume de vazios da mistura deve ficar entre 15% a 25%.

Figura 27 – Execução da camada final do asfalto permeável.



Fonte: Virgiliis (2009)

2.8.2 Execução do concreto permeável:

2.8.2.1 Dosagem e componentes

De acordo com Polastre e Santos (2006) as etapas para a fabricação do concreto permeável são parecidas com as etapas de um concreto convencional, o cimento Portland é utilizado, mais alguns compostos precisam de observações. Esses compostos são:

2.8.2.2 cimento e adições

A resistência e a durabilidade do concreto permeável podem ser melhoradas com a adição de determinadas substâncias, como cinzas de carvão mineral, pozolana, microsilica e escórias de altos fornos. (POLASTRE; SANTOS, 2006)

2.8.2.3 Agregados

O agregado miúdo é praticamente eliminado no concreto permeável, já os agregados graúdos têm como particularidade sua granulometria homogênea. É utilizado agregados graúdos com dimensões variando de 5 mm a 20mm de

diâmetro, assim, quanto maior o diâmetro do agregado, maior vira a ser rugosidade do piso. (POLASTRE; SANTOS, 2006)

2.8.2.4 Água

A relação Água / Cimento deve estar entre 0,27 e 0,30, chegando a, no máximo, 0,40, de acordo com o uso de aditivos. A ligação entre a rigidez e a quantidade de água no concreto permeável é diferente da de um concreto convencional, já que a presença dos vazios altera a resistência do mesmo. A parcela exata de água pode ser verificada no momento em que a massa adquire um certo brilho de umidade, sem ficar liquefeita. (POLASTRE; SANTOS, 2006)

2.8.2.5 Aditivos químicos

Por apresentar um rápido tempo de pega, para facilitar a utilização e proteção do pavimento é comum a utilização de retardadores e estabilizadores de absorção de água. (POLASTRE; SANTOS, 2006)

Polastre e Santos (2006) disponibilizaram uma tabela com as proporções dos componentes do concreto permeável, como pode ser observado a seguir na TAB. 2.

Tabela 2 – Dosagem para um concreto permeável

Materiais	Proporção kg/m ³
Cimento	270 a 415
Agregados	1190 a 1480
Água / cimento	0,27 a 0,34
Agregado / cimento	4 a 4,5:1
Agregado miúdo / graúdo	0 a 1:1

Fonte: Polastre e Santos (2006).

2.8.2.6 Execução

De acordo com Virgiliis (2009) a execução do concreto permeável é feita pelas seguintes etapas:

- Aplicação do concreto permeável: é feito espalhamento do concreto permeável de forma rápida e contínua, sua aplicação é feita na base ou subleito úmido para evitar perda de água do concreto.
- Nivelamento: para o nivelamento utiliza-se uma régua vibratória ou é feita manualmente através de uma régua de alumínio. É de extrema importância que a vibração não seja feita por tempo excessivo para que assim não venha entupir os vazios do concreto. O Nível do concreto deve ser de 15 a 20 mm acima das guias para garantir posteriormente compactação. A consolidação do concreto é proporcionada por meio da compactação utilizando-se de um rolo compactador. Esta parte da execução deve ser feita o mais rápido possível.
- Cura e proteção do concreto fresco: é recomenda uma proteção utilizando uma manta plástica, e sua cura deve iniciar logo após a execução.

2.8.3 Execução dos pavimentos de blocos intertravados

Segundo Virgiliis (2006) a execução do pavimento de blocos intertravados permeáveis é feita da mesma forma que os pavimentos intertravados comuns, com a diferença no material dos blocos que são de concreto permeável. As etapas do da execução são:

- Camada de assentamento: na execução da camada de assentamento e juntas deve ser utilizado agregados graúdo com diâmetro de 6,5 a 9,5mm, como pode ser observado na FIG.28, esses agregados são espalhados de forma uniforme com régua de alumínio e não podem ser compactados. Não é recomendada a utilização de areia ou pó de pedra, pois eles podem prejudicar a infiltração da água.

Figura 28 – Execução da base de assentamento.



Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2015)

➤ Assentamento dos blocos intertravados: os blocos intertravados (FIG. 29) são fixados normalmente sobre a camada de assentamento, e após a execução do assentamento das peças é retirado o excesso do material de rejuntamento depois com uma placa vibratória com proteção de borracha é realizado a compactação do revestimento de modo que não danifique as peças de concreto permeável.

Figura 29 – Execução de assentamento dos blocos intertravados de concreto permeável.



Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2015)

➤ Verificação: após a compactação, de ser feito a verificação do material de rejuntamento e observando se ele está preenchendo todas as juntas e espaço de percolação da água.

➤ Limpeza: após ser feita toda execução é feito a limpeza da superfície, através deste processo é necessário fazer a inspeção no local e observar se o mesmo possui algum tipo de desnível ou se alguma peça está quebrada para que assim o pavimento esteja pronto para uso.

2.10 VANTAGENS E DESVANTAGENS

2.10.1 Vantagens

De acordo com CIRIA (2007) os pavimentos permeáveis, em geral, possuem algumas determinadas vantagens em relação a outros sistemas de drenagem. Algumas destas vantagens são:

➤ Com o sistema de infiltração dos pavimentos permeáveis ocorre uma redução significativa nas redes de drenagens, ajudando assim os riscos de enchentes.

➤ Pavimentos permeáveis são capazes de serem instalados em locais que não haja sistema de drenagem, podendo assim absorver o escoamento superficial.

➤ Com a eficiência da diminuição do escoamento superficial, o sistema de infiltração ajuda na redução dos impactos hidrológicos urbanos.

➤ A infiltração das águas pluviais pode ajudar na recarga e manutenção dos aquíferos sem comprometer a condição da água do subsolo.

➤ Possui construção normalmente rápida e simples.

➤ Os custos de toda sua vida útil podem ser menores em relação a sistema de drenagem.

Segundo Virgiliis (2009), os pavimentos ainda têm vantagens de:

- Tratamento das águas pluviais, através de remoção de alguns poluentes pelas camadas dos pavimentos.
- Capacidade de captação das águas de chuva, podendo reutiliza-las para outros fins.
- Tem a capacidade de se integrar completamente à obra, não carecendo de espaço exclusivo.

2.10.2 Desvantagens

Araújo et. al. (2000), cita que os pavimentos permeáveis possuem algumas desvantagens. Algumas delas são:

- Possui restrição em algumas regiões com climas mais frio, pois podem ocorrer entupimentos pela neve e em regiões que possam possuir altas taxas de erosões.
- Poucas qualificações de engenheiros e mão de obra qualificadas para a execução.
- Se a água captada estiver contaminada, pode vir a ocorrer a contaminação de aquíferos e do lençol freático.
- O pavimento permeável tem um problema com durabilidade, pois o alto teor de vazios favorece o dano pela ação da água, como o desprendimento dos agregados se houver má adesividade entre o agregado e o ligante. Este problema pode ser combatido com o aumento da espessura da película de ligantes.
- Pela presença de asfalto modificado por polímero, é necessário um agregado de alta qualidade podendo fazer o custo do revestimento dobrar em relação a um pavimento convencional.
- O pavimento permeável não é recomendado para locais de tráfego intenso e pesado, pois o alto teor de vazios o torna um pavimento menos resistente a altas cargas.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante lembrar que o pavimento permeável não é uma solução para resolver todos os problemas de enchente e escassez de água, mais sim um dispositivo que irá contribuir de maneira direta e eficaz. Tendo em vista que para poder resolver estes problemas é necessário um conjunto de fatores, que passa desde o incentivo público e privado procurando trazer meios de implantações de mão de obra especializadas até a conscientização da população nas questões ambientais e de desperdícios de água.

É possível identificar um maior necessidades de manutenção e com isso um custo elevado, porém esse custo vem a ser compensado pela redução de drenagem em sua área aplicada, é valido ressaltar também que o pavimento permeável apresenta uma melhoria para os risco de inundações, ou seja, a utilização dos pavimentos permeáveis pode sanar necessidades do uso de caixas de captação e dispositivos de drenagem em sua execução, pois o mesmo não gera praticamente nenhum escoamento superficial com isso ele pode ser extremamente viável se pensarmos em termos de urbanização, sociedade e sustentabilidade, no intuito de diminuir inundações, beneficiar o lençol freático através da sua infiltração ou na captação de água para a reutilização em simples processos, como na substituição da água potável para fins menos nobres, gerando uma economia para o local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15953**. Pavimento intertravado com peças de concreto: execução. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 16416**. Pavimentos permeáveis de concreto: requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Projeto técnico: pavimento permeável**, São Paulo: FIB, 2010. 20 p.

_____. **13 passos para executar um pavimento permeável e armazenar água de chuva**, São Paulo: FIB, 2011. 27 p.

ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDEFUM J. A. Avaliação dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial. **Revista brasileira de recursos hídricos**, Porte Alegre, v. 5, n. 3, p. 21-29, jul. / set. 2000.

BERNUCCI, Liedi B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: Imprinta, 2008. 114 p.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2005. 384 p.

CIRIA-*Construction Industry Research and Information Association*. **The SUDS manual**. 1. ed. Londres: CIRIA, 2007. 599 p.

GONÇALVES, A. B.; OLIVEIRA, R. H. Pavimentos permeáveis e sua influência sobre a drenagem. **Departamento de engenharia hidráulica e ambiental**, São Paulo, 2014, 10 p.

MARCHIONI, M.; SILVA, C. O. Pavimentos intertravado – Melhores práticas. **Associação Brasileira de Cimento Portland**, São Paulo, 2010, 24 p.

MARTINS, R. M. **Análise da capacidade de infiltração do pavimento intertravado de concreto**. 2014. 49 f. monografia (trabalho de conclusão de curso) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

MOTTA, G. D.; PRADO, E. A. R. Pavimento permeável aplicado em área urbana, como medida de escoamento da água da chuva. **ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**. n. 1, 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ETIC, 2016. p. 1 – 10.

POLASTRE, B.; SANTOS, L. D. **Concreto permeável: Impermeabilização do solo e drenagem urbana**. 1. ed. São Paulo: Faculdade de arquitetura e urbanismo, 2006. 2 p.

ROSS, Jurandyr L. Sanches. **Geografia do Brasil**. 1. ed. São Paulo: Edusp, 1995. 549 p. v. 1.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009. 943 p.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2003. 150 p.

URBONAS, B.; STAHR, P. **Stormwater best management practices na detetion**. 2. ed. New Jersey: Englewood Cliffs, 1993. 450 p.

VIRGILIIS, Luís Afonso Corrêa, **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando a retenção e amortecimento de picos de cheias**, 2009, 213 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de transporte) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.