

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

MIKAELLE FERREIRA DOS SANTOS

**PAVIMENTAÇÃO EM VIAS URBANAS:** As novas tecnologias  
para pavimentos permeáveis voltadas para a engenharia civil

Paracatu

2019

MIKAELLE FERREIRA DOS SANTOS

**PAVIMENTAÇÃO EM VIAS URBANAS:** As novas tecnologias para pavimentos permeáveis voltadas para a engenharia civil

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Atuação: Infraestrutura Urbana

Orientador: Prof. Msc. Pedro Henrique Pedrosa de Melo

Paracatu

2019

MIKAELLE FERREIRA DOS SANTOS

**PAVIMENTAÇÃO EM VIAS URBANAS:** As novas tecnologias para pavimentos permeáveis voltadas para a engenharia civil

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Atuação: Infraestrutura Urbana

Orientador: Prof. Msc. Pedro Henrique Pedrosa de Melo

Banca Examinadora:

Paracatu – MG, XX de XXXX de 2019.

---

Prof.  
Centro Universitário Atenas

---

Prof.  
Centro Universitário Atenas

---

Prof.  
Centro Universitário Atenas

Dedico aos meus avós que me criaram com tanto amor e dedicação, em especial a minha amada avó que esteve comigo até o fim, sendo mais que uma mãe em toda a minha jornada. Agradeço por acreditarem no meu potencial e fazerem com que ele fosse aproveitado ao máximo. Serei grata e dedicada a vocês todos os meus dias sobre essa terra.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me proporcionado o sopro de vida, e estando comigo em todos os momentos desde que fui gerada, permitindo a conclusão de mais um sonho, a faculdade.

Aos meus avós paternos, que decidiram serem responsáveis por minha formação desde os primeiros dias de minha vida, me moldando da forma mais pura e íntegra possível, me aprimorando como filha, estudante e como uma cidadã ativa na sociedade.

Aos poucos, mas verdadeiros amigos que contribuíram de forma tão significativa nos caminhos que trilhei, com sua paciência, amor e carinho, me dando forças e incentivo para continuar a seguir em minha formação.

Aos meus pais e irmãos, que sempre estiveram na torcida pela minha evolução e que veem em mim alguém com grande potencial a alcançar o sucesso. E aos poucos familiares que sempre estiveram na torcida pela conclusão dessa fase. A minha cachorrinha Melany que virou uma estrelinha, mas que por longos oito anos me proporcionou momentos de alegria e amor verdadeiro.

E finalmente, muito obrigada aos meus dedicados professores que participaram ativamente da minha formação como profissional. Ao Carlos Eduardo, por sua vasta experiência que nos coloca dentro dos ramos da profissão, sem ao menos sair de dentro da sala de aula, sempre com seu carisma energizante. Ao Pedro Henrique, que com sua maneira tão única abriu pensamentos tão importantes para me conduzir até o fim dessa jornada. Ao professor Matheus, que sempre faz questão de mostrar que o caminho que escolhemos é cheio de obstáculos, mas abundante de ensinamentos edificantes e conhecimentos ilimitados. Agradeço também aos demais profissionais que sempre deram seu melhor para repassar seus ensinamentos mais preciosos.

“Quando tudo parecer dar errado em sua vida, lembre-se que o avião decola contra o vento, e não a favor dele.”  
Henry Ford.

## RESUMO

O escoamento superficial na zona urbana tem se tornado um assunto preocupante e de urgência resolução, necessitando de soluções atuais e eficazes. O tipo de pavimento escolhido influencia diretamente no gerenciamento do escoamento das águas pluviais, e o avanço tecnológico nessa área é cada vez mais significativo dando ênfase para os pavimentos permeáveis, que são cruciais para o melhoramento da vivência em sociedade. Os pavimentos podem ser classificados em rígidos, semirrígidos e flexíveis, sendo esse último o mais importante para o controle de águas em vias urbanas. Quando bem dimensionado, respeitando as normas especificadas em projeto, o pavimento flexível tem grande peso, quando se trata de elementos de drenagem. Oferecendo um gama de novas tecnologias surgindo dentro do mercado, como opções para cada tipo de situação encontrada. Analisando as vantagens e desvantagens de cada novo tipo de pavimento flexível, é possível melhorar a qualidade de vida de todos que usufruírem de um determinado espaço, sem deixar de lado a os parâmetros que pesam na hora da escolha, como por exemplo a melhor escolha levando em consideração o custo X benefício. Ao se optar por uma opção eficiente de pavimentação, se escolhe a melhor forma de gerir o espaço urbano, reduzindo os custos com reparos que são totalmente desnecessários.

**Palavras-chave:** Planejamento Urbano, Escoamento Superficial, Avanço Tecnológico.

## **ABSTRACT**

*Surface runoff in the urban area has become a matter of concern and urgent resolution, needing current and effective solutions. The type of pavement chosen influence directly in the management of stormwater runoff, and technological advancement in this area is increasingly significant emphasizing the permeable pavements, which are crucial for improving the experience in society. The floors can be classified as rigid, semi-rigid and flexible, the latter being the most important for urban water control. When properly dimensioned, complying with the standards specified in the project, the flexible floor has great weight when it comes to drainage elements. Offering a range of new technologies emerging within the market as options for each type of situation encountered. Analyzing the advantages and disadvantages of each new type of flexible pavement, it is possible to improve the quality of life of all who enjoy a certain space, without forgetting the parameters that weigh when choosing, without forgetting the parameters that weigh when choosing, such as the best choice taking into consideration the cost x benefit. By choosing an efficient paving option, the best way to manage urban space is chosen, lowering repair costs that are totally unnecessary.*

**Keywords:** *Urban planning, Surface runoff, Technological advancement.*



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Via Ápia em Roma.	16
<b>Figura 2</b> – Análise comparativa de métodos de pavimentação	18
<b>Figura 3</b> – Camadas do Pavimento semirrígido	19
<b>Figura 4</b> – Diferença nas camadas dos pavimentos	20
<b>Figura 5</b> - Origem da água nos pavimentos	57
<b>Figura 6</b> - Concreto permeável	23
<b>Figura 7</b> - Asfalto poroso	24
<b>Figura 8</b> - Pisos intertravados	25
<b>Figura 9</b> - Ecopavimentos	25
<b>Figura 10</b> - Concreto permeável	27
<b>Figura 11</b> - Pisos intertravados	28

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	PROBLEMA	11
1.2	HIPÓTESE DE ESTUDO	12
1.3	OBJETIVOS	12
1.3.1	OBJETIVO GERAL	12
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.4	JUSTIFICATIVA	13
1.5	METODOLOGIA DO ESTUDO	14
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DOS PAVIMENTOS	16
2.1	A ESTRUTURA DOS PAVIMENTOS	17
2.1.1	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	17
2.1.2	PAVIMENTOS RÍGIDOS	18
2.1.3	PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO	18
2.1.4	CAMADAS DOS PAVIMENTOS	19
3	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO PARA SUPERFÍCIES DRENANTES	21
3.1	CAMADAS DRENANTES E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O PAVIMENTO	22
3.2	AVANÇOS TECNOLÓGICOS COM FOCO EM PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	22
3.2.1	CONCRETO PERMEÁVEL	23
3.2.2	ASFALTO POROSO	23
3.2.3	PISOS INTERTRAVADOS	23
3.2.4	ECOPAVIMENTOS	24
4	AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PAVIMENTO PERMEÁVEL	25
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28

## **1 INTRODUÇÃO**

Ao se voltar à atenção para as cidades pelo mundo é possível perceber que há um grande crescimento em muitos aspectos, seja populacional, desenvolvimento em sua infraestrutura, aspectos particulares de cada região, entre outros. No entanto os problemas encontrados nessas áreas urbanas têm crescido em uma velocidade alarmante.

Ao mesmo tempo em que a sociedade cresce, as necessidades aumentam e conseqüentemente o espaço precisa ser ampliado, e na maioria das vezes isso ocorre de maneira desordenada e sem nenhum controle. Um exemplo claro disso são as inundações dentro das cidades, que são cada vez mais recorrentes e com um poder de devastação maior a cada dia, não escolhendo somente países subdesenvolvidos e sim locais com sistemas de drenagem falhos e sem nenhum controle ou técnica atual.

Esse tipo de desastre afeta de várias maneiras possíveis tudo ao seu redor, causando danos materiais, psicológicos e até mesmo perda de vidas, destruindo assim tudo que se construiu naquele local ao longo do tempo como se não fosse de nenhuma significância. Além de ocasionar vários problemas recorrentes, como doenças ocasionadas pelas águas contaminadas, interrupção de serviços essenciais, fazendo com que o colapso seja implantado por tempo indeterminado. Não podendo deixar de lado a interferência na economia daquele local podendo esses danos serem ampliados de maneira cada vez mais significativas.

Com tamanhos problemas enfrentados a necessidade de um melhoramento quanto a qualidade das vias é crucial, dando ênfase nos avanços quanto as tecnologias voltadas para a pavimentação permeável que tem um papel de destaque quando o assunto é melhoramento da qualidade de vida dentro do ambiente em sociedade.

### **1.1 PROBLEMA**

Com a crescente urbanização desenfreada houve novos avanços em relação aos elementos controladores de escoamento de superfícies pavimentadas dentro das vias urbanas?

## **1.2 HIPÓTESE DE ESTUDO**

Ao se analisar o processo de desenvolvimento de uma cidade, pode ser diagnosticado milhares de falhas desde o começo de sua formação. O crescimento desordenado dos espaços urbanos gera erros sucessivos e acumulativos com o passar do tempo, e os resultados disso podem ser vistos através de acontecimentos trágicos.

O desmatamento desordenado, a posse de áreas de riscos, a falta de conhecimento ambiental, e acúmulo de lixos contribuem em peso para os problemas de enchentes e inundações dentro das cidades. O sistema de drenagem falho faz com que esses problemas se agravem de maneira substancial, tendo um papel de suma importância para a qualidade de vida da população em geral.

A drenagem urbana nada mais é do que o gerenciamento das águas da chuva. A falta de um sistema de drenagem bem elaborado e atualizado faz com que o resto entre em colapso. Seus elementos precisam estar em conformidade com a atualidade, sendo a pavimentação um dos mais importantes e essenciais entre eles.

O tipo de pavimentação utilizado nos meios urbanos influencia diretamente no escoamento das águas ali depositadas, sendo primordial que este seja adequado e atual para suprir todas as necessidades, gerando assim uma qualidade de vida de real excelência. Ao se optar pelo pavimento adequado se escolhe um método eficaz para escoamento nas áreas urbanas, diminuindo assim o acúmulo de água nas vias públicas. E com o passar do tempo é necessárias novas técnicas dentro do sistema de drenagem principalmente em relação ao pavimento urbano.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GERAL**

Esse trabalho tem por objetivo realizar uma análise comparativa entre as novas tecnologias disponíveis no ramo da engenharia civil para pavimentos permeáveis, buscando as melhores técnicas para o melhoramento do escoamento superficial dentro das cidades, o que afeta diretamente os problemas de inundações dentro dessas áreas urbanas.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Analisar os pavimentos encontrados atualmente;
- b) Identificar os pavimentos e seus possíveis avanços tecnológicos para melhor desempenho;
- c) Comparar os tipos de pavimento permeáveis expondo as vantagens e desvantagens da utilização dos mesmos.

### **1.4 JUSTIFICATIVA**

Quando se fala em planejamento urbano é preciso ter em mente que é um projeto amplo e bastante detalhado, necessitando das melhores técnicas da atualidade com um gerenciamento de alto nível para que tudo ocorra de maneira harmônica. Quando se deixa tudo isso de lado é possível se deparar com consequências de um grau altíssimo de periculosidade dentro das cidades. A deficiência em escoamento de águas dentro dos aglomerados urbanos tem assolado a população desde os tempos mais primórdios, trazendo consequências incontáveis. E um sistema de drenagem falho ocasiona inúmeros prejuízos para todo o sistema ao seu redor, sendo uma parte essencial dentro da organização em sociedade.

Os relatos são crescentes e cada vez mais catastróficos ao se pesquisar a fundo. Um grande exemplo foi às chuvas tropicais em maio de 2004 no Haiti, que fizeram com que os rios transbordassem contabilizando, além de prejuízos materiais, mais de 2.600 mortes e centenas de desabrigados, segundo o governo do país. Os países desenvolvidos também enfrentam situações alarmantes, como em 2009 na China onde um dos principais rios transbordou destruindo tudo onde passava deixando 1.700 mortos. E não é necessário ir muito longe para se ver as graves consequências da falta de planejamento urbano, São Paulo e Rio de Janeiro enfrentam inundações cada vez piores todos os anos (BARBOSA, 2014).

O pavimento permeável começou a ser empregado na França nos anos de 1945-1950, o que deu partida no seu desenvolvimento ao longo do tempo, sendo empregado também nos Estados Unidos, Suécia, Japão, Austrália, entre outros. Com inúmeras finalidades que surgiam devido à problemas que cada região enfren-

tava, como na Suécia que devido a problemas com redução do lençol freático se deparou com o adensamento do solo argiloso local, onde a utilização desse método começou a ser incentivada (SUZUKI, AZEVEDO, KABBACH, 2013).

Diante de tantos fatos presentes no cotidiano é nítida a dependência de elementos de drenagem atuais e bem gerenciados com ênfase em uma pavimentação adequada, já que a mesma está presente em praticamente toda extensão da área urbana tendo um papel fundamental em todo seu desenvolvimento, sendo crucial para o melhoramento e proteção da vida da população que em seu entorno se desenvolve.

## **1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO**

Por se tratar de um estudo para a familiaridade do pesquisador para com o objeto que está sendo investigado ao decorrer da pesquisa, será de caráter exploratório aplicada (GIL, 2002). Dando a possibilidade, por meio de seus critérios e métodos, uma proximidade da realidade do objeto estudado em questão.

A pesquisa que se encontra em fase preliminar será baseada na realização da construção do levantamento bibliográfico e análise de exemplos que induzam a compreensão de métodos existentes sobre as tecnologias voltadas para pavimentação permeável na construção civil (PRODANOV e FREITAS, 2013). Sendo assim abordado de maneira clara e sucinta as diversas possibilidades de trabalhabilidade com esse tipo de pavimento nos espaços urbanos com atenção voltada para o aperfeiçoamento da qualidade de vida em sociedade.

Será exposto de maneira esclarecedora todas as informações de relevância para que o resultado da pesquisa seja satisfatório e de compreensão total. Sendo caracterizado por etapas distintas, que vão desde a identificação das tecnologias existentes, até suas vantagens e desvantagens de utilização, com o total de informações disponíveis e com um nível de compreensão satisfatório.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está baseado no estudo de pavimentos permeáveis, apresentando suas principais características, deixando claro sua real importância no desenvolvimento do planejamento urbano de uma sociedade.

No segundo capítulo é apresentado o histórico da evolução dos pavimentos ao longo da história da formação das sociedades, classificando os tipos encontrados no mercado atual, e suas principais características.

Ao se analisar o terceiro capítulo é possível ficar por dentro de todos os avanços que os pavimentos permeáveis têm conquistados nos últimos tempos. Expondo assim. No quarto capítulo, todas as vantagens e desvantagens ao se utilizar esse tipo estrutura nas vias urbanas.

E no quinto capítulo, por fim, concluir de forma concreta e objetiva tudo que foi discorrido nas páginas anteriores.

## 2 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DOS PAVIMENTOS

Ao se estudar a história das estradas, se cria o caminho para estudar o passado desde as conquistas territoriais até a urbanização e desenvolvimento. Ao se voltar os olhos para o antigo Egito (2600-2400 a.C) com a construção das pirâmides surgiu se a necessidade de implementação de estradas para trenós usados nos transportes de cargas. Foram então a construídas vias com lajões justapostos oferecendo assim uma capacidade de cargas (MARÉ, 2011).

Segundo Maré (2011), no Brasil através de registros feitos por Bittencourt (1958), é possível se encontrar diversas referências históricas de estradas que foram construídas nos tempos remotos, como também caminhos antigos situados na Índia e na China. Diante desses caminhos se encontra umas das rotas mais antigas e importantes com grande influência nas culturas de todo o Oriente e também parte do Ocidente, possibilitando caminhos que permitiam a esses povos ligações comerciais.

A modernidade da pavimentação veio através dos romanos, quando procuraram estabelecer rotas de terra para atingir os principais portos do Mediterrâneo, combinadas com meios de transportes com mais eficiência. Já se tinha entendimento que as rodovias faziam parte de uma sociedade com um desenvolvimento crescente, que essas vias necessitavam de manutenção e reparos devido sua degradação (BALBO, 2007). A primeira via criada em Roma foi a Via Ápia em 312 a.C, sendo o principal ponto de ligação marítimo com as províncias orientais, como mostrado na figura a seguir.

**Figura 1** - Via Ápia em Roma.



**Fonte:** Lacuzio (2003).



A primeira estrada pavimentada que se tem registro no Brasil é datada no século XVIII, através da iniciativa de Bernardo José de Lorena, governador da capitania de São Paulo (BALBO, 2007).

## **2.1 A ESTRUTURA DOS PAVIMENTOS**

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2006), o pavimento de uma rodovia consiste em uma superestrutura que é formada por uma série de camadas com um número determinados de espessuras, que após a terraplanagem tem como função resistir aos esforços verticais que se originam dos veículos sem deixar de lado o conforto e segurança, além de resistir aos esforços horizontais garantindo mais durabilidade ao rolamento.

O sistema de pavimentação é criado no seu significado unicamente estrutural, tendo a função de receber e transmitir os esforços de maneira a amenizar as pressões sobre as camadas mais baixas. As cargas são repassadas para à fundação de uma maneira ponderada e de forma abrandada, impossibilitando que ocorra diferentes formas de deformação ao se utilizar a estrutura ou aberturas na fundação, criando estados de tensões que primariamente não foram esperados nos cálculos, que estimulam toda a estrutura a apresentar uma situação mecânica inadequada e acelerando a degradação acelerada (BALBO, 2007).

Segundo Danielesk (2004), pode se definir em quatro os objetivos da pavimentação: ter a capacidade de aguentar carregamento anteriormente dimensionado, comodidade visual, segurança e conforto na rodagem.

Ao se falar brevemente sobre os tipos de pavimentos existentes no cotidiano, pode se classificar resumidamente em dois tipos de pavimentos, os pavimentos flexíveis e os pavimentos rígidos, que distribuem cargas pela base e sub-base de maneiras distintas (SENÇO, 2007).

### **2.1.1 Pavimentos flexíveis**

O DNIT (2006) classifica o pavimento flexível como que sofre deformação elástica em todas as camadas diante de um carregamento aplicado, sendo assim a carga se espalha em partes equivalentes entre as camadas. Exemplo: pavimento

constituído por base britada ou por base de pedregulho, revestida por camada asfáltica.

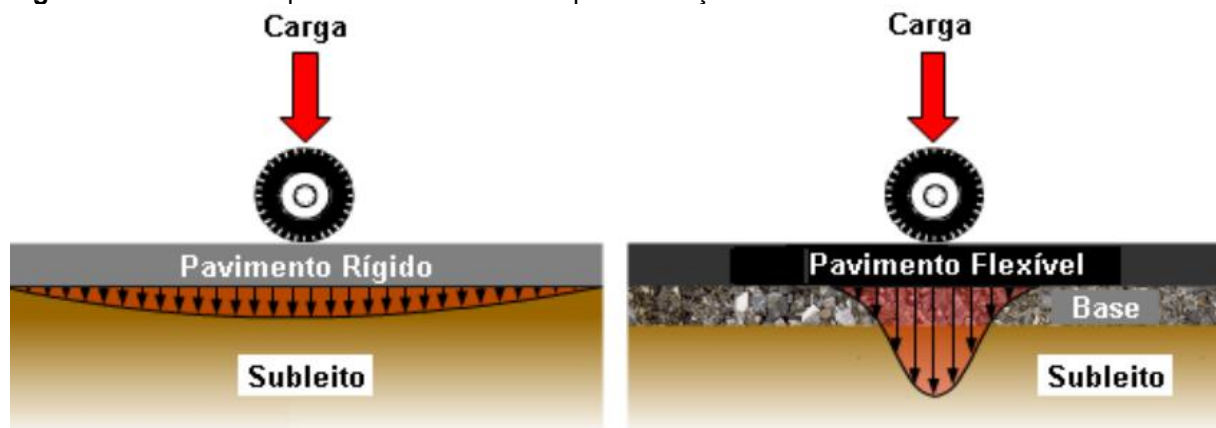
Gonçalves (1999), afirma que pavimento flexível é aquele que possui uma camada granular e possui um revestimento asfáltico. As rodas no tráfego geram cargas na estrutura onde as tensões e deformações são distribuídas, de forma que a base e as camadas de revestimento asfáltico amenizem as tensões de compressão encontradas verticalmente no subleito que se dá por meio do absorvimento das tensões cisalhantes.

### 2.1.2 Pavimentos rígidos

Quando o revestimento possui alta rigidez ligada as camadas mais baixas, é denominado Pavimentos Rígidos, tendo a função de absorver as tensões derivadas do carregamento que é aplicado. Pode ser citado como exemplo os pavimentos formados por lajes de concreto Portland (DNIT, 2006).

Balbo (2007), discorre sobre os pavimentos rígidos afirmando que no mesmo atuam pressões bem pequenas acima do subleito, para uma idêntica carga aplicada. Na figura a seguir é possível identificar melhor a atuação das cargas.

**Figura 2** – Análise comparativa de métodos de pavimentação



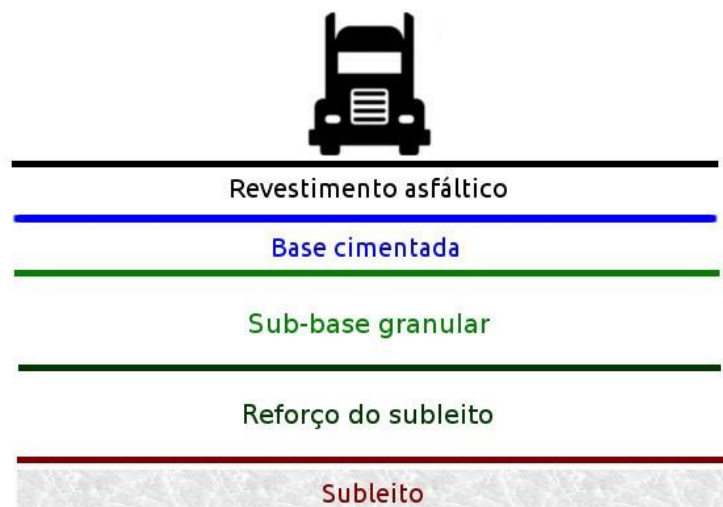
Fonte: Araújo (2016).

### 2.1.3 Pavimento semirrígido

Os pavimentos semirrígidos têm como característica uma base cimentada composta por aglutinantes que são constituídas por substâncias cimentícias, como, por exemplo, camada asfáltica (DNIT 2006).

Segundo o Manual Pavimentos Flexíveis de DER-Paraná (2008) - Departamento de Estradas e Rodagens do Paraná, os pavimentos semirrígidos, assim como os pavimentos flexíveis possuem o revestimento de material asfáltico, a diferença é a presença de cimento Portland ou cal hidratado (ligantes hidráulicos) situados em sua base, que tem como função proporcionar uma camada cuja a rigidez resista suficientemente as cargas exercidas pelo tráfego. Na figura 3 é possível compreender a ordem das camadas constituinte de um pavimento.

**Figura 3** – Camadas do Pavimento semirrígido



Fonte: DER-PR (2008).

### 2.1.4 Camadas dos pavimentos

As camadas dos pavimentos podem ser divididas em revestimento, base, sub-base, reforço do subleito, e subleito (DNIT 2006), como mostrado na Figura 4.

De acordo com o Glossário de Termos Técnicos Rodoviários, DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1997), em termos técnicos essas camadas são definidas como:

- Revestimento: camada superior do pavimento, onde recebe diretamente os esforços horizontais e verticais transmitidos pelos veículos, com o

intuito de mantêm a segurança e qualidade do rolamento. Os esforços absorvidos por essa camada são transmitidos para a base.

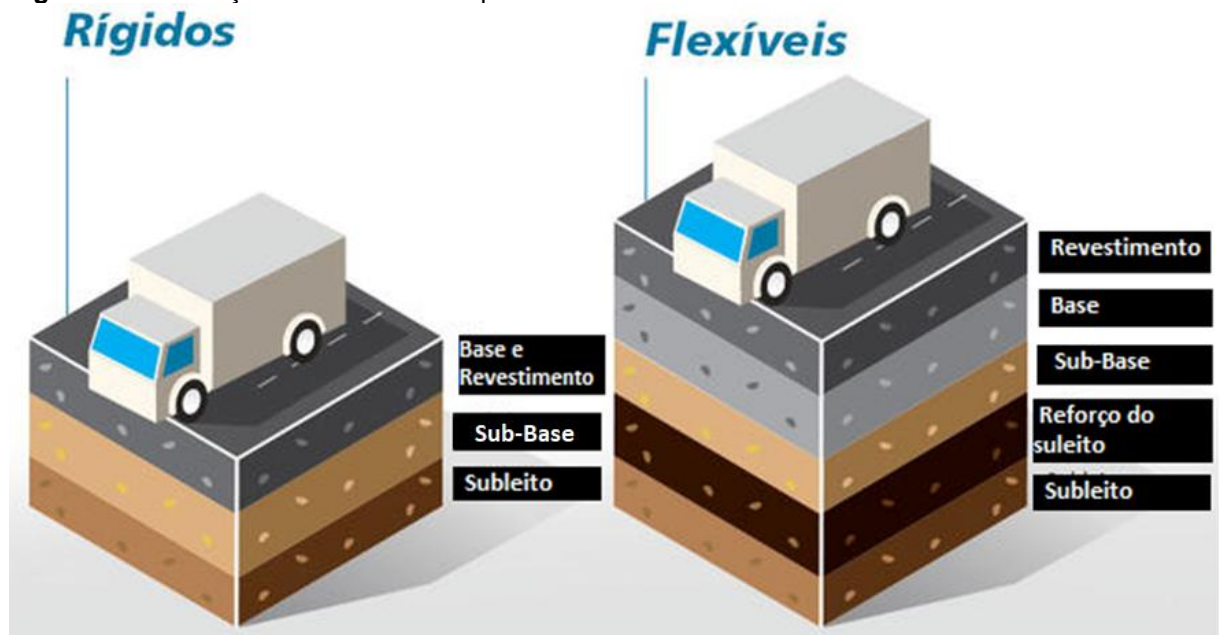
- Base: camada localizada logo abaixo do revestimento, com o objetivo de receber os esforços verticais do pavimento e distribuí-los para o sub-base. Pode ser constituída por cascalho, brita fina, concreto asfáltico entre outros.

- Sub-Base: camada que fica logo abaixo da base, é utilizada quando não é recomendado a construção da base diretamente no solo, construindo assim a sub-base de material agregado, podendo reduzir a camada da base.

- Reforço do subleito: é a camada granular construída para ajudar a melhorar a capacidade do subleito, reduzindo a espessura da sub-base.

- Subleito: é o terreno de fundação onde será apoiado todas as camadas

**Figura 4** – Diferença nas camadas dos pavimentos

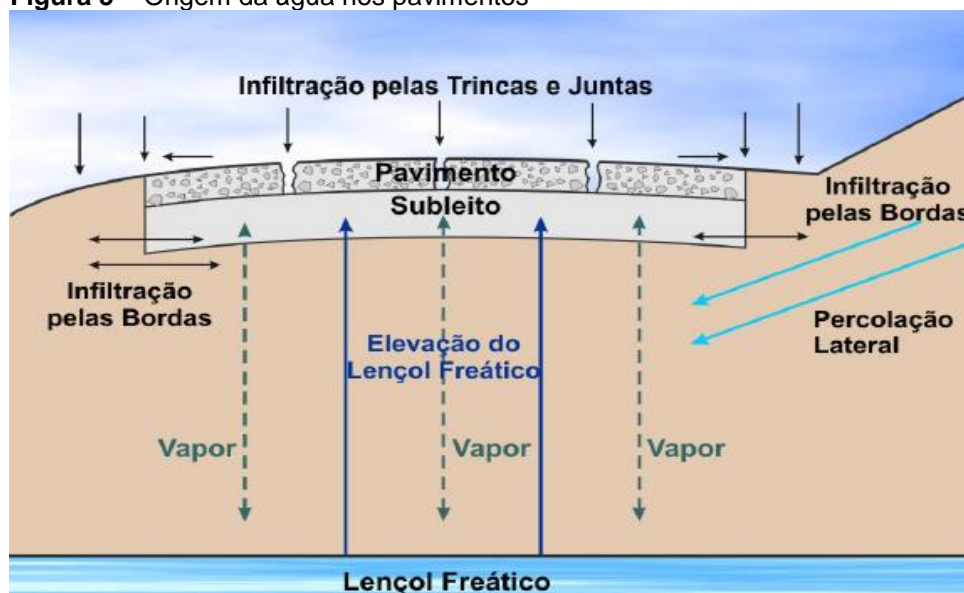


Fonte: Cava (2018).

### 3 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO PARA SUPERFÍCIES DRENANTES

Segundo Azevedo (2007), a exposição do pavimento a ação da água pode acontecer de várias maneiras. A infiltração pode ocorrer através da superfície (ocorrendo por meio das trincas ou juntas do revestimento), verticalmente (o movimento da água através das forças capilares), e laterais (quando os sistemas de drenagem se mostram ineficientes ou quando se utilizam camadas granulares). Tendo em vista também que a água pode ser representada por meio de vapor se movimentando por meio dos vazios. Na estrutura do pavimento pode se ocorrer infiltração pelas bordas do acostamento ou pela superfície, como mostrado na Figura 5.

**Figura 5 – Origem da água nos pavimentos**



Fonte: (Azevedo, 2007).

A lei de Darcy deve ser verificada para que a permeabilidade mínima da camada drenante seja definida, fazendo com que os escoamentos oriundos da infiltração sejam menores ao escoamento máximo aparente por entre a seção transversal. É estipulado o tempo máximo de 1 (uma) hora para que todo o fluxo, que penetra o pavimento, seja drenado (AZEVEDO, 2007).

Ao se pensar em projetar um pavimento, é preciso ter em mente que o principal objetivo da drenagem superficial é fazer com que os materiais que constituem as camadas não fiquem com elevado nível de umidade. Para se minimizar os problemas de saturação podem ser seguidos três critérios:

- a) É necessário que se empregue materiais que não são tão vulneráveis à umidade e possuem grande resistência ao trincamento, em todas as camadas dos pavimentos. Um exemplo claro seria a utilização de materiais que tem como função estabilizar as camadas granulares.
- b) A remoção de toda e qualquer água livre através de um sistema de drenagem eficiente que retenha o lençol freático rebaixado a todo momento, usando também bases e sub-bases que possuam como função drenarem a umidade, assim como serem dimensionadas como camadas estruturais.
- c) Projetar um pavimento utilizando membrana impermeável, utilizar materiais selantes, instalar drenos para evitar a infiltração de água e empregar estruturas completamente impermeáveis em todas as camadas (Júnior, Azevedo e Suzuki, 2013).

### **3.1 CAMADAS DRENANTES E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O PAVIMENTO**

Nos Estados Unidos estão sendo desenvolvidos estudos que comprovam que a implantação de camadas drenantes tem grande significância na diminuição dos problemas de rupturas prematuras nos pavimentos. Tendo preferência que essa camada seja posicionada entre o revestimento asfáltico e a base estendendo até as bordas livres ou drenos rasos (Júnior, Azevedo e Suzuki, 2013).

### **3.2 AVANÇOS TECNOLÓGICOS COM FOCO EM PAVIMENTOS PERMEÁVEIS**

De acordo com Eco Telhado (2010), ao contrário do que se pensa, os pavimentos permeáveis não possuem elevada dificuldade para a instalação comparados aos demais. O que os diferem são os procedimentos utilizados e suas especificações, sendo de suma importância que os mesmos sejam levados à risca. Esse tipo de pavimento pode ser classificado de acordo com o tipo de material poroso, sendo divididos em nove famílias, sendo elas:

### 3.2.1 Concreto Permeável

Essa tecnologia ainda não foi muito discernida no território brasileiro, mas nos Estados Unidos está se tornando referência em vias urbanas, e logo poderá ser implantada em rodovia. Até o momento, são utilizados em ciclovias, quadras esportivas, estacionamento e como pavimentação em vias para pedestres (TETRACOM, 2015).

**Figura 6 – Concreto permeável**



**Fonte:** (Tecnosil, 2018).

A TETRACON (2015) defini que o concreto permeável é constituído por peças intertravadas de concreto poroso, sendo desenvolvidas com o objetivo de haja infiltração da água. Onde esse tipo de concreto se difere do concreto convencional devido ao seu índice de vazios, sendo entre 15% a 25% o teor de vazios desse tipo de pavimento.

### 3.2.2 Asfalto Poroso

De acordo com Martins (2010), essa tecnologia foi desenvolvida pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, tem como habilidade a absorção da água da chuva com velocidade e quase nenhuma dificuldade, tendo como impacto significativo da diminuição das enchentes. Segundo o pesquisador, esse tipo de

pavimento funciona como areia encontrada em praias, fazendo com que o fluido chegue aos rios com mais rapidez.

**Figura 7 – Asfalto Poroso**



**Fonte:** (DOMTOTAL, 2011).

O pavimento criado pela USP é constituído por uma combinação de concreto asfáltico comum e diversos aditivos deixando vazios na superfície, fazendo com que a água depositada seja absorvida através desses vazios, como poros, sendo aprisionadas durante algumas horas no meio das pedras constituintes do pavimento (MARTINS, 2010).

### **3.2.3 Pisos Intertravados**

Esse tipo de pavimento possui o revestimento constituído por blocos de concreto com intertravamento por areia de selagem, onde as cargas submetidas a esse tipo de tecnologia são disseminadas entre seus blocos, necessitando de um travamento correto para que esses blocos possam resistir em conjuntos. Esse tipo de Piso não se desloca lateralmente, não sofrem translação ou rotação (PEREIRA, 2019).

Ainda segundo Pereira (2019), é necessário a introdução de elementos de contenção, como cordões em concreto. Esse tipo de pavimento pode ser utilizado como pavimentação de ruas, estacionamentos, passeios e calçadas.



**Figura 8** – Pisos intertravados

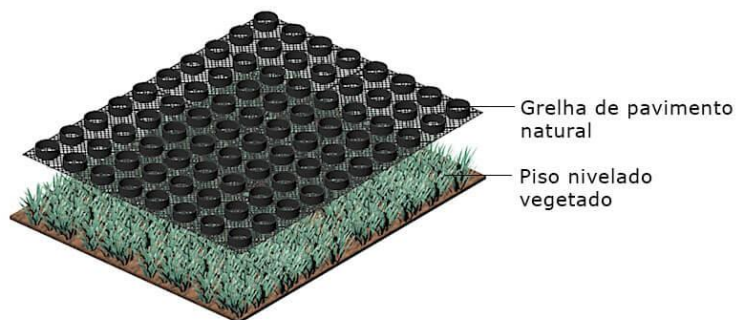


Fonte: (HOMETEKA, 2016).

### 3.2.4 Ecopavimentos

Esse tipo de pavimento se assemelha a uma cobertura de grama, terra ou brita. Uma tecnologia que não é utilizado na confecção de ruas ou rodovias, mas são uma excelente escolha quando se trata de estacionamentos e calçadas. As grelhas são de suma importância fazendo com que a drenagem se torne homogênea, eliminando poços de lama (JORNAL ESTADÃO, 2011).

**Figura 9** – Ecopavimentos



Fonte: (Ecotelhado, 2015).

#### 4 AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PAVIMENTO PERMEÁVEL

De acordo com CIRIA - (1996), os pavimentos possuem suas vantagens, como também desvantagens que precisam serem observadas. A respeito das vantagens é importante citar:

- Dispositivo de drenagem que se incorporar inteiramente a obra, dispensando espaço exclusivo para o mesmo.
- Tem como objetivo a remoção dos poluentes, havendo tratamento da água da chuva.
- Devido a diminuição de ruídos e derrapagens, há o aumento da segurança e conforto.
- Reduz a necessidade de canais de drenagem e instalação de meio-fio.

ECO TELHADO (2010), a função dos pavimentos permeáveis não é administrar águas pluviais de outras superfícies, e sim, ocupar o lugar de áreas impermeáveis. Além do que já foi citado, as seguintes desvantagens são presentes nesse tipo de estrutura:

- Onde há um escoamento com auto índice de poluentes, não se recomenda a utilização desse tipo de pavimento, podendo haver a contaminação das águas subterrâneas.
- Quando o terreno apresenta uma declividade maior a 20%, não se recomenda o uso de pavimentos permeáveis.
- Em lugares com clima cuja as temperaturas são baixas, apresento acúmulo de neve por exemplo, é nesses cuidados especiais na implementação.
- O custo para obtenção desse tipo de pavimento é maior que o do convencional. Vale ressaltar que em contra partida há economia em questão do custo da canalização de águas pluviais. Além da diminuição nos custos ambientais.
- Dependendo da situação, a longevidade desse pavimento é igual ou até menos comparada aos dos pavimentos convencionais.

As novas tecnologias apresentadas no capítulo anterior também possuem suas características quando o assunto é vantagem e desvantagem em suas utilizações.

### a. Concreto Permeável

Figura 10 – Concreto permeável



Fonte: (NEBRCONCAG, 2016)

De acordo com a Mauá (2017), as vantagens do concreto permeável são:

- A eficiência da filtração é restaurada
- O escoamento superficial das águas é reduzido
- Ajuda na diminuição das enchentes e enxurradas

As desvantagens existentes são:

- Possui menos resistência
- O custo é elevado no início
- Pode ocorrer entupimentos

### b. Asfalto Poroso

O professor Martins (2010), que ajudou no desenvolvimento dessa nova tecnologia, ressalta seus pontos:

- A drenagem dos fluídos é bem mais rápido, fazendo com a água seja conduzida aos rios com a metade da velocidade
- Consegue drenar praticamente 100% da água depositada no pavimento
- Esse tipo de asfalto tem a capacidade de armazenamento de água, por algumas horas, em uma camada de 35 cm

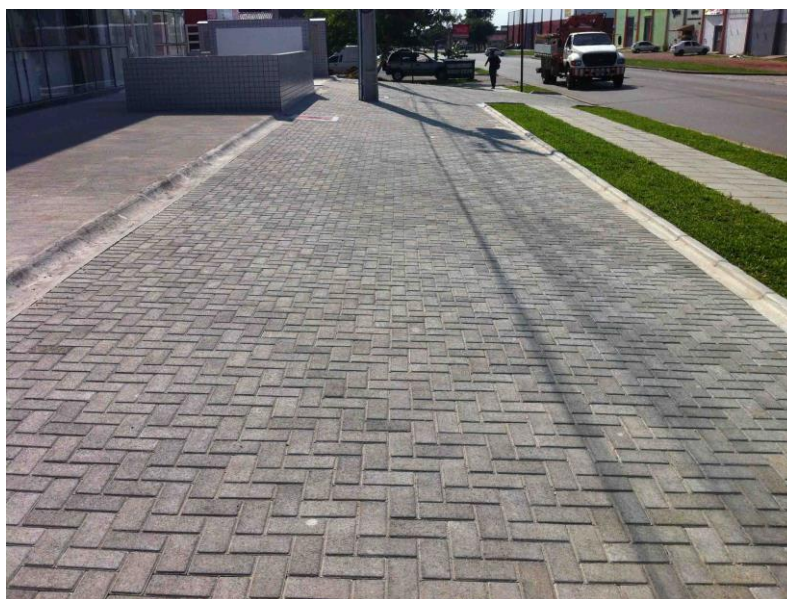
Ainda segundo o professor, esse tipo de tecnologia apresenta alguns contras:

Devido a sua fragilidade, esse tipo de pavimento ainda não possui capacidade de suportar as cargas de tráfego pesado e repetitivo

- Regiões com grande quantidade de acúmulo de lama, pode levar ao entupimento dos poros
- O custo pode ser de 20% a 22% maior que o do convencional. Por outro lado, em larga escala por ser menor ou igual ao do comum

### c. Pisos Intertravados

**Figura 11** – Pisos intertravados



**Fonte:** (PROJEPAR, 2016).

Pereira (2019), além de expor as características desse tipo de pavimento, expos também as suas vantagens:

- Esse tipo de tecnologia tem diversas tonalidades de cores, melhorando os aspectos arquitetônicos do local
- Apresenta a capacidade de reaproveitamento para o mesmo local, além de promover a possibilidade de realocar os blocos caso haja a necessidade de mudança de algum acesso
- Possui uma grande resistência a abrasão, óleo e manchas de combustíveis

- Referente as desvantagens são as seguintes:
- Ainda existem um certo preconceito, remetendo ao pavimento asfáltico como sinal de progresso, e havendo desconfiança na utilização do intertravado devido das antigas peças hexagonais
- Os blocos que possuem seu interior vazado são vetados de serem colocados em locais com circulação, sendo utilizados apenas em passeios e estacionamentos
- Dependendo da configuração das camadas inferiores, não há nenhum tipo de utilidade para o sistema de drenagem

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de drenagem é constituído por vários componentes responsáveis pelo controle de escoamento das águas pluviais dentro das áreas urbanas, sendo o pavimento permeável crucial nesse contexto. Houve melhoras significativas nos últimos tempos quando se trata de novas tecnologias para esse tipo de pavimento.

Pode se encontrar um gama de variedades quando o assunto são novos tipos de pavimentos permeáveis. É possível analisar a fundo qual será mais apropriado para aquele tipo de ambiente, pesando na balança também os pês e contras de determinado tipo a ser utilizado. Mesmo tendo a mesma função, o escoamento das águas, cada tipo de pavimento trabalha de forma diferente para absorver e conduzir esse fluído.

Ao se optar por umas das diversas opções apresentadas, contribuirá para um desenvolvimento de qualidade, evitando problemas e prejuízos que afetam diretamente a sociedade. O tipo de pavimento escolhido, combinado com os outros elementos de um sistema de drenagem, torna a gerência das águas da chuva, algo controlado e sem riscos a população que ao entorno.

Mas é sensato se pensar que ainda é preciso fazer com a utilização desse tipo de pavimento seja algo padronizado, elaborando políticas públicas e projetos que se adaptem as condições de cada local a ser implantado. Pois mesmo havendo tantos avanços nessa área, sem um incentivo para que de fato seja algo prioritário dentro das diretrizes dos países, o avanço de fato não acontecerá.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO M. A. **Análise comparativa de métodos de pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) X Flexível (Asfalto)**. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/metodos-de-pavimentacao>>. Acesso em: 12 de set. de 2019.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BARBOSA, V. **As piores enchentes do mundo nos últimos 10 anos**. Exame, 9 de jan. de 2014. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/mundo/as-piores-enchentes-do-mundo-nos-ultimos-10-anos/>>. Acesso em: 15 de mar. de 2019.

CAVA, F. **Pavimentos de concreto – “Pavimento de concreto simples”**. Disponível em: <<https://alemdainercia.wordpress.com/2018/04/25/pavimentos-de-concreto-pavimento-de-concreto-simples/>>. Acesso em: 13 de set. 2019.

CIMENTO ITAMBÉ. **EUA trabalham em novo pavimento: o de concreto permeável**. Disponível em <<https://www.cimentoitambe.com.br/eua-trabalham-em-novo-pavimento-o-de-concreto-permeavel/>>. Acesso em 20 de nov. de 2019.

CIRIA (1996). **Infiltration drainage - Manual of good practice**. Roger Bettis Bsc PhD MCIWEM. CIRIA Report 156.

DANIELESK, M. L. Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: Aplicação à rede viária de Porto Alegre. 2004. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2004.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS DO PARANÁ – DER. **Norma de Pavimentos Flexíveis e Rígidos**. 2008.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS RODOVIÁRIOS**. Rio de Janeiro, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **MANUAL DO PAVIMENTO**. 3° ed. Rio de Janeiro: 2006.

DOMTOTAL. USP desenvolve asfalto poroso que ajuda contra enchentes. Disponível em <<https://domtotal.com/noticia/310274/2011/03/usp-desenvolve-asfalto-poroso-que-ajuda-contras-enchentes/>>. Acesso em: 22 de nov. de 2019.

EOS CONSULTORIA. **Como funciona a drenagem urbana?** Disponível em: <<https://www.eosconsultores.com.br/como-funciona-drenagem-urbana/>>. Acesso em: 25 de mar. de 2019.

ESTADÃO. **Ecopavimento, permeável e mais barato que asfalto.** Disponível em <<https://www.estadao.com.br/noticias/geral,ecopavimento-permeavel-e-mais-barato-que-asfalto-imp-,711305>>. Acesso em 28 de out. de 2019.

ECO TELHADO. **Pavimentação permeável.** Disponível em: <<https://ecotelhado.com/pavimentacao-permeavel/>>. Acesso em: 25 de mar. de 2019.

GIL, A. C. **COMO ELABORAR PROJETOS DE PESQUISA.** São Paulo: Editora Atlas S.A. 2002.

HOMETEKA. **Tudo sobre pisos intertravados de concreto:** preços, paginações, dicas e mais. Disponível em: < <https://www.hometeka.com.br/aprenda/descubra-tudo-sobre-pisos-intertravados-de-concreto-precos-paginacoes-e-dicas/>>. Acesso em 23 de nov. de 2019.

LACUZIO A. **Roma:** Uma passeio pela via Appia. Disponível em: <[www.janelaitalia.com/roma-um-passeio-pela-via-appia/](http://www.janelaitalia.com/roma-um-passeio-pela-via-appia/)>. Acesso em: 12 de set. de 2019.

MARTINS, J. R. S. **Asfalto poroso absorve água e reduz riscos de enchentes.** Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=704>>. Acesso em: 01 de nov. de 2019.

MAUÁ. **Concreto Permeável:** qual sua função, vantagens e desvantagens. Disponível em: <<https://cimentomaua.com.br/blog/concreto-permeavel-qual-funcao-vantagens-desvantagens/>>. Acesso em: 25 de out. de 2019.

PEREIRA C. **Piso Intertravado:** O que é, principais tipos, vantagens e desvantagens. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/piso-intertravado/>>. Acesso em: 30 de out. de 2019.

PRODANOV, C.C; FREITAS, E.C. Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2ª ed. Universidade Feevale – Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: Acessado em: 10 de abr. de 2019.

SUZUKI, C. Y.; AZEVEDO, A. M.; JÚNIOR, F.I.K. **DRENAGEM SUB SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS.** São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

TECNOSIL. **Concreto Permeável:** o que é e quais seus grandes atrativos? Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/concreto-permeavel-o-que-e-e-quais-seus-grandes-atrativos/>>. Acesso em: 30 de out. de 2019.



TETRACON. **Concreto Permeável: O que é? Quais suas vantagens e desvantagens?** Disponível em: <<https://tetraconind.com.br/blog/concreto-permeavel-o-que-e-quais-sao-suas-vantagens/>>. Acesso em: 30 de out. de 2019.

VIRGILIS, A. L. C. **PROCEDIMENTOS DE PROJETO E EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS VISANDO RETENÇÃO E AMORTECIMENTO DE PICOS DE CHEIAS**. 2009. 208 f. Monografia (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2009.