

APLICAÇÃO DO PAVIMENTO INTERTRAVADO DE CONCRETO COMO AUXÍLIO NA DRENAGEM URBANA

Juliana Lopes Martins¹; Mayko Marily Sartorio¹; Yasmim Priscilla de Souza¹; Karina Zanetti²;

1- Acadêmicos do Curso de Engenharia Civil.

2- Engenheira Civil, Especialista em Gestão de Recursos Hídricos – Docente, Multivix – São Mateus.

RESUMO

Com a evolução da construção civil e o desenvolvimento dos centros urbanos o solo vem se tornando cada vez mais ocupado por construções, o que limita as áreas permeáveis gerando problemáticas relacionadas ao escoamento das águas. Tornou-se importante a busca por pavimentos alternativos que pudessem auxiliar na drenagem possibilitando a redução da percolação e evitando alagamentos. Este artigo tem como objetivo a realização do teste ASTM C1701 que mede o coeficiente de permeabilidade do pavimento intertravado, possibilitando a análise dos resultados e o esclarecimento da hipótese relacionados à eficiência drenante deste pavimento de concreto. A partir dos resultados obtidos foi possível analisar a eficiência do pavimento e quais ações a serem tomadas para que o mesmo auxilie na infiltração da água no solo.

Palavras Chave: Pavimentação. Intertravamento. Drenagem. Permeabilidade.

ABSTRACT

With the evolution of civil construction and the development of urban centers, the soil has become increasingly occupied by buildings, which limits permeable areas, generating problems related to the flow of water. It became important to search for alternative pavements that could assist in drainage, allowing the reduction of percolation and avoiding flooding. This article aims to perform the ASTM C1701 test that measures the permeability coefficient of the interlocking pavement, enabling the analysis of the results and the clarification of the hypothesis related to the drainage efficiency of this concrete pavement. From the results obtained, it was possible to analyze the efficiency of the pavement and what actions to be taken so that it helps in the infiltration of water into the soil.

Keywords: Paving. Interlock. Drainage. Permeability.

1. INTRODUÇÃO

O estudo presente neste trabalho é focado na realização do ensaio de medição da permeabilidade do pavimento intertravado já assentada em vários pontos na cidade de São Mateus – ES. A pavimentação intertravada se caracteriza como uma técnica onde os componentes da estrutura são formados por camadas, sendo elas de base (há possibilidades de haver sub-base) e a de revestimento. É formada por blocos pré-moldados de concreto intertravados por contenções laterais e alocadas acima do assentamento. Nos encontros existentes entre os mesmos há preenchimento com material rejuntante. (NBR 15953 da ABNT, 2011). Esse tipo de pavimento permite que as águas sigam o seu fluxo natural resolvendo uma grande problemática existente nos centros urbanos, onde geralmente o solo é impermeável propiciando a ocorrência enchentes e deterioração das vias, prejudicando a qualidade de vida da população. Desta maneira, este ensaio será utilizado para comprovar a empregabilidade do pavimento no auxílio da drenagem urbana.

Há uma busca crescente por materiais que possam servir como auxílio a essa problemática sem perder a eficiência, como exemplo o pavimento intertravado de concreto. Marchioni e Silva (ABCP, 2011) descrevem que essa forma de pavimentação é indicada como auxílio na drenagem da precipitação por oferecer permeabilidade.

A proposta de emprego desse pavimento pode se tornar uma alternativa interessante que traga resultados satisfatórios, mostrando o quão importante é conhecer a permeabilidade para a sua aplicação, visando diminuir a problemática envolvendo o solo que foi impermeabilizado.

Marchioni e Silva (2011) citado por Martins (2014) diz que há várias vantagens ligadas à aplicação das peças intertravadas, como a possibilidade de contenção de gastos na iluminação pública, já que tem o potencial de aumentar o refletir da luminosidade em até 30% com base em outras formas de pavimentação. Outro benefício é a manutenção, já que há facilidade na instalação e é possível que apenas o bloco defeituoso seja removido, havendo uma vantagem quando comparada a outras formas de pavimentação, devido ao reparo pontual, gerando ganho no tempo da obra, evitando o desperdício de material e ampliando a produtividade.

Sendo assim, esta pesquisa tem como finalidade comparar e analisar informações envolvendo o coeficiente permeável do bloco e a probabilidade de a aplicação desse material tornar-se uma alternativa para pavimentação local, oferecendo auxílio ao escoamento das águas sem que a área perca a funcionalidade. O projeto terá como foco de estudo 4 locais no município de São Mateus - ES identificados na tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Locais de teste dos pavimentos

Pavimento I	Avenida Esbertalina Barbosa Damiani, bairro Guriri, São Mateus – ES tendo como pavimento o bloco retangular em espinha-de-peixe assim como o pavimento II porém este usado em uma avenida principal.
Pavimento II	Rua sem novo próximo a coordenada -18,7137120, -39,8315710, Loteamento Burity II, Bairro Aviação, São Mateus – ES tendo como tipo o bloco retangular em espinha-de-peixe pavimento este dentro de um loteamento visado para baixo tráfego.
Pavimento III	Avenida Oceano Atlântico (Calçadão de Guriri), Bairro Guriri, São Mateus – ES tendo como tipo de pavimento o retangular em fileira porém este sendo um dos mais recentes e apenas destinado a tráfego de pedestres.
Pavimento IV	Avenida Esbertalina Barbosa Damiani, bairro Guriri, São Mateus – ES tendo como pavimento o bloco sextavado, muito usado em vias de tráfego leve.

Fonte: Produzido pelo autor

Os questionamentos que buscam ser respondidos ao final deste projeto são as possibilidades de o pavimento do tipo intertravado ser realmente uma alternativa atrativa que traga bons resultados à problemática da drenagem urbana, mostrando a sua eficiência no quesito permeabilidade no local estudado. Esclarecendo os efeitos do estudo, visando provar se as respostas obtidas serão realmente satisfatórias ao optar-se por esse modelo de pavimentação. Sendo assim, a pesquisa tem como enfoque responder o seguinte questionamento: O bloco intertravado de concreto, em seus variados tipos, é realmente uma opção adequada que beneficie a zona de aplicação, melhorando a drenagem?

Através da problemática apresentada, tem-se por objetivo a realização de estudos e testes de eficiência permeável do pavimento intertravado nas áreas urbanizadas, visando aumentar as zonas infiltráveis e diminuir o escoamento superficial. Influenciando a drenagem local, trazendo benefícios e sendo um modelo de pavimentação ecológico e eficaz.

Tem-se a finalidade de avaliar o coeficiente permeável do pavimento intertravado com a utilização do método ASTM C1701, apresentando suas características técnicas e informações relacionadas. Verificando se essa forma de pavimentação apresenta funcionalidade drenante ao local de assentamento e fazendo a comparação da drenagem entre diferentes tipos de blocos de concreto.

Por ser apresentado como uma pavimentação permeável, acredita-se que há aumento na drenagem e auxílio no abastecimento do lençol freático, sendo uma possível solução para problemas pré-existentes e trazendo melhora a vida nas cidades. Os locais escolhidos para os estudos foram identificados na tabela 1 e escolhidos de forma que anteriormente ao processo de execução o solo era permeável. Ao final das realizações dos testes feitos a partir do método proposto nesse projeto, poderão ser respondidos os questionamentos levantados a respeito da permeabilidade desse pavimento e seu possível auxílio à drenagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRICO

Mesmo que a pavimentação intertravada seja tratada como uma tecnologia consideravelmente nova, quando associada à história dos pavimentos, que teve bastante desenvolvimento no século XX, essa ideia é bem antiga, anterior ao império romano (VAKS, 2018).

Conforme Hallack (2001), essa pavimentação foi idealizada nos Países Baixos, no final dos anos 40. É formado por blocos de concreto; veio para suceder os tijolos compostos por barro. Com o fim da segunda grande guerra, a reconstrução do continente europeu serviu de incentivo para a troca das peças feitas com argila pelos blocos de concreto. Essa técnica chegou ao Brasil na década de 70, mas a inexistência de critérios definidos, prejudicou a implantação e execução do material, e como consequência o uso dos blocos foi desacreditado como um bom material para compor a pavimentação do país.

2.2 IMPERMEABILIZAÇÃO E DRENAGEM DO SOLO

Uma das problemáticas envolvendo os centros urbanos foi causada pelo processo crescente de urbanização no século XX, que se seguiu até a atualidade. Esse processo acarreta a impermeabilização de grandes áreas, e acaba

favorecendo o aumento do escoamento superficial, tornando os sistemas drenantes ineficazes, tendo como consequência grandes enchentes (MOURA, 2005).

O crescimento desenfreado das cidades, gerou impactos à população e ao meio ambiente. Uma das maiores consequências é a impermeabilidade das cidades devido as vias e construções (MULLER, 2017). Para Larentis (2017) quando o solo se torna impermeável causa a diminuição da infiltração das águas pluviais, e gera consequentemente o aumento do escoamento das águas.

Segundo Acioli (2005), atualmente existem técnicas para auxiliar no gerenciamento da drenagem urbana, prevendo que a infiltração das águas seja feita com a contribuição de mecanismos de controle. Esses mecanismos servem para recuperar a aptidão natural do solo conter a água que foi reduzida por consequência da urbanização. Com a mudança do escoamento de áreas impermeáveis para esses mecanismos, o solo recupera a sua capacidade drenante anterior a impermeabilização.

Com aplicação do bloco na pavimentação externa, há a detenção do volume das águas pluviais auxiliando na drenagem do local (ARAÚJO J. et al., 2018).

2.3 PAVIMENTO INTERTRAVADO

A estrutura que compõe o pavimento de blocos intertravados é aquela formada pela base (podendo existir sub-base), sucedida pela camada do revestimento, composta pelos blocos alocadas sobre o assentamento, onde, entre os encontros das peças, há a presença do material rejuntante e o travamento é fornecido pela contenção lateral NBR 15953 da ABNT (2011).

A NBR 16416 da ABNT (2015, p. 2) expõe que "Pavimento permeável pode ser definido como aquele que atende simultaneamente às solicitações de esforços mecânicos e condições de rolamento e cuja estrutura permite a percolação e/ou acúmulo temporário de água, diminuindo o escoamento superficial, sem causar dano à sua estrutura."

Essa forma de pavimentação consegue diminuir o escoamento em até 100% conforme quantidade de chuva e possibilita o atraso do encontro da água com o subleito, causando uma redução na erosão. A base granular existente filtra a precipitação, prevenindo possíveis contaminações do solo. Há a possibilidade de aplicação em ambientes diversos como estacionamentos, calçadas, ruas de trânsito leve (PORTLAND, 2010).

Para Godinho (2009) dentro dos inúmeros benefícios oferecidos pelos pavimentos intertravados está a fácil execução. Não é necessário um trabalhador especializado e não é preciso maquinário complexo. Permite também utilizar sinalização horizontal, oferecendo capacidade estrutural e agregando valor paisagístico, além da alternativa do uso imediato após executado, reparo e acesso fácil às instalações de serviços subterrâneos.

2.4 ESTRUTURA

A geometria dos blocos é planejada para possibilitar que haja uma alta transferência de peso entre a carga que o pavimento recebe e o grupo de peças, feita por intervenção do intertravamento, onde atua o alívio do carregamento propagado ao subleito e os níveis da pavimentação (MACIEL, 2007).

Segundo Godinho (2009) pode ser dito que a função básica dos pavimentos é espalhar as cargas concentradas, a fim de oferecer proteção ao subleito, fazendo com que não seja ultrapassado a resistência de carga suportado pelo bloco. Maciel (2007) simplifica a aplicação da pavimentação intertravada, dizendo que, requer somente que a peça seja assentada na camada composta por areia grossa, compactada e ocupando as juntas preenchidas de areia fina, compactar novamente. Para o intertravamento é indispensável a presença das contenções laterais.

Como referido por Maciel (2007) o pavimento é composto basicamente pelas camadas de:

- Subleito: Fundação, onde ocorre a terraplanagem. Recebe uma camada de maior resistência quando é necessário que haja reforço.
- Sub-base: Complemento da base, quando não é viável técnico economicamente construir a base acima da regularização.
- Base: Estruturalmente, é a camada mais importante. Suporta e faz a distribuição dos carregamentos fornecido pelo tráfego.
- Revestimento: Recebe atividade direta do tráfego, é resistente ao desgaste e tem a função de oferecer comodidade e segurança.

Contenções laterais são usadas com a finalidade de evitar que os blocos se desloquem durante a vida útil do pavimento. Podem ser conhecidas por alguns nomes, como: meios fios. A situação ideal é aquela em que as faces das contenções se encontrem com as peças perfeitamente verticais (PORTLAND, 2010).

Conforme a NBR 15953 da ABNT (2011) o rejuntamento deve ser aplicado nas juntas provenientes dos encontros das peças. É sugerido que o elemento usado no rejuntamento esteja seco quando aplicado, para favorecer o complemento das juntas.

A manutenção é tão importante quanto a execução do pavimento, conforme Parra e Teixeira (2015) visto que existe o acúmulo de resíduos no meio das peças que dificulta o processo de infiltração, gerando um aumento no escoamento superficial.

O assentamento também tem influência no ajuntamento de sedimentos, caso seja executado de forma incorreta, a estrutura não funcionará da maneira adequada.

Figura 1: Estrutura do pavimento intertravado. Fonte: SILVA, 2013.

2.5 BLOCOS COM JUNTAS ALAGADAS

Revestimento permeável cuja percolação da água ocorre por meio das juntas



existentes no encontro dos blocos que formam o pavimento. (ABNT, 2015).

A infiltração ocorre pelos espaçamentos entre blocos permitindo uma abertura de 5% a 15%, possibilitando a infiltração, tornando-o permeável sem prejudicar o intertravamento (MARCHIONI; SILVA, 2011).

A rapidez que levará para a água infiltrar no pavimento é dependente da área total das juntas e da permeabilidade dos materiais usados para preencher os encontros e formar as camadas que compõem o pavimento. (SOUZA J.; BAESSE; AMORIM J., 2018).

2.6 MÉTODO ASTM C 1701

Para Marchioni e Silva (ABCP,2011) para que a permeabilidade possa ser avaliada em pavimentos já assentados, é recomendado o uso do ensaio ASTM C 1701 – Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete.

Para a efetuação do método é necessário usar um cilindro vazado de 300 milímetros de diâmetro e 50 milímetros de altura mínima. Internamente o cilindro deverá conter duas linhas de referência com distâncias entre 10 e 15 milímetros da base do anel. O material deve ser rígido resistindo à água para não haver deformação quando for preenchido; balança; recipiente deve conter um volume mínimo de 20 L, possibilitando o derramamento controlado do volume da água; cronômetro; massa para vedar; água limpa (NBR 16416 da ABNT de 2015).

Seguindo ainda a NBR 16416 da ABNT (2015) os testes serão realizados em três pontos distintos de uma área de 2500 m², e um ponto a mais a cada 1000m² acrescentados. O local dos testes deve ser escolhido aleatoriamente e se localizar de modo a representar o lote.

Com pavimentação limpa e seca, o corpo cilíndrico será fixado e selado sobre a mesma. Dando seguimento, ocorre a pré-molhagem, onde seu tempo de duração irá determinar a porção de água usada no ensaio. O teste começa 2 minutos após a pré-molhagem (MARCHIONI E SILVA, 2010).

Durante todas as etapas do ensaio, a adição de água deve se manter em fluxo constante, permanecendo a uma altura entre os 10 e 15 milímetros das marcações presentes no cilindro. A Lei de Darcy é usada para definir o fator de permeabilidade (MARCHIONI E SILVA, 2011).



Figura 2: Ensaio para medir a permeabilidade. Fonte: Feito pelo autor

3 METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Este projeto aborda a capacidade permeável da pavimentação já assentada, visando trazer informações relacionadas ao pavimento que será estudado, mostrar o método usado para realização do ensaio, requisitos normativos, focando na questão norteadora.

Esta pesquisa é caracterizada como bibliográfica, documental, experimental e estudo de caso. Caracteriza-se também como uma pesquisa aplicada, visto que busca conhecimento para ser aplicado na prática, objetivando solucionar problemas previamente definidos e descritiva, pois segundo Gil (2008) o objetivo principal é descrever as características de uma população específica ou fenômeno ou relacionar as variáveis.

É especificada como bibliográfica, referindo-se à classificação do material escolhido como fonte para a elaboração da pesquisa como: livros, textos (citando os nomes dos autores consultados), teses e dissertações (LIMA; MIOTO, 2007).

É classificada também como experimental, pois conforme dito por Prodanov e Freitas (2013, p.128) na pesquisa experimental o objeto a ser estudado é escolhido, as variáveis são selecionadas e há a escolha das formas de controlar e observar os efeitos; e estudo de caso, pois teve como método a escolha de utilização de um material específico em local de estudo previamente determinado como fonte para a análise de eficiência drenante do pavimento composto por blocos intertravados entre si. Com caráter quantitativo, já que o estudo é voltado à eficiência drenante do pavimento através do método apresentado e dos cálculos para se obter os dados dos quais ele será composto.

3.2 TÉCNICAS PARA COLETA DE DADOS

Fase da pesquisa em que é iniciada a aplicação dos instrumentos elaborados e das técnicas escolhidas com o propósito de obter os dados previstos (MARCONI;

LAKATOS, 2002 p.32). A composição deste trabalho foi realizada por: análise documental, através dos dados do projeto de pavimentação; pesquisas bibliográficas, visto que as informações obtidas para compor a base do referencial teórico foram encontradas em artigos, livros, e o estudo de caso através das especificações dos fabricantes, das descrições das partes da estrutura que compõe pavimento e dos projetos de pavimentação.

Caracteriza-se como experimental através de fórmulas, e do ensaio que foi usado como meio para a aquisição de resultados, aprofundando os conhecimentos sobre todos esses componentes que compõem o pavimento intertravado no local escolhido para o estudo. O que a torna uma pesquisa de campo já que os resultados foram obtidos por observações e visitas ao próprio local.

Inicialmente foi necessário então que fosse feita uma visita ao local para reconhecimento da área.

Para se realizar a implantação do teste, 4 locais a serem estudados foram escolhidos aleatoriamente. Conforme Marchioni e Silva (ABCP, 2010) a pavimentação deverá ser varrida, retirando sedimentos que não sejam ligados ao mesmo. A massa deve ser aplicada na borda inferior do corpo cilíndrico sendo posicionada em cima do pavimento. Deverá ser aplicada também em volta do corpo cilíndrico com o intuito de que ele seja vedado. A água deverá ser despejada com uma velocidade que possibilite que seu nível fique dentro das marcações presentes no cilindro.

O início do teste começará em até 2 minutos após a etapa de pré-molhagem. Conforme o tempo gasto na pré-molhagem, se o processo obtiver uma duração menor que 30 segundos, 18 litros de água serão utilizados para que o ensaio seja executado, ou será usado 3,6 litros caso o processo obtenha a duração do tempo maior que 30 segundos. O cronômetro deve ser iniciado no momento em que o líquido encontrar o pavimento.

Durante a pré-molhagem e no decorrer do teste, o fluxo de água deve ser inserido no corpo cilíndrico mantendo-se constante. O nível da água contida no cilindro deverá ser mantido entre 10 milímetros e 15 milímetros. Quando não houver mais água sobre o pavimento, a contagem do cronômetro deve ser interrompida. A partir disto serão colhidos os dados a serem analisados.

3.3 FONTES PARA COLETA DE DADOS

As pesquisas documental e bibliográfica são muito semelhantes. O diferencial entre elas está nas fontes. Pesquisas bibliográficas são construídas com a contribuição de diversos autores sobre o tema tratado, enquanto a pesquisa documental utiliza materiais que ainda não foram analisados, ou que ainda podem ser reformulados conforme o objetivo da pesquisa (GIL, 2008, p.51).

Os dados para a elaboração do projeto foram obtidos baseando-se em livros, teses, trabalhos acadêmicos, permitindo assim, coletar informações essenciais para a aplicação do ensaio e dos cálculos, juntamente com a comparação que se baseará no quadro 1 para a obtenção dos resultados desse projeto. Os testes serão feitos a partir das informações encontradas nas visitas e observações do lugar estudado, o que caracteriza como uma pesquisa de campo. Segundo Marconi e Lakatos (2002, p.83) a pesquisa de campo é usada com a finalidade de colher informações e conhecimentos relacionados ao problema pelo qual se quer obter respostas, ou uma hipótese que queira ser provada, ou, ainda, a descoberta de novos fenômenos ou as relações entre eles..

3.4 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA PESQUISADA

Segundo Gil (1999 p.100) amostra pode ser definida como "subconjunto do universo ou da população por meio do qual se estabelecem ou se estimam as características desse universo ou população". Entre os grupos de classificação de uma amostra tem se a probabilística que segundo Gil (2008, p. 90 e 91) "é regida por leis estatísticas fundamentais, ou seja, apresentam uma fundamentação matemática". A amostra da pesquisa terá então caracterização probabilística que será baseada em análise matemática dos dados obtidos e que de acordo com Marafon (2013, p.122) é fundamentada "em leis estatísticas que lhe conferem a fundamentação científica: a lei dos grandes números, a lei da regularidade estatística, a lei da inércia dos grandes números e a lei da permanência dos pequenos números".

3.5 INSTRUMENTO PARA A COLETA DE DADOS

Para realizar uma pesquisa com eficácia é necessário a técnica, mas também os instrumentos para coleta de dado e para isso serão necessários alguns utensílios. Assim para compor este projeto serão utilizados livros, trabalhos acadêmicos, teses. É indicado que para pavimentações já executadas os estudos relacionados a

permeabilidade sejam baseados no método ASTM C1701 para alcançar os resultados de pesquisa. Os materiais essenciais para a realização do ensaio descrito nesta pesquisa são então: Um cilindro de 300 milímetros de diâmetro, massa para vedar o cilindro, balde, balança, cronômetro, recipiente graduado e água.

3.6 POSSIBILIDADE DE TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Após obter todos os dados necessários através do ensaio é necessário processá-los e fazer uma análise estatística e matemática. A pesquisa é classificada baseando-se na organização dos dados com a intenção de que o pesquisador possa tomar suas decisões e chegar a conclusões a respeito deles. Há necessidade de construção de categorias descritivas, podendo ser estabelecidas no referencial teórico da pesquisa. Mas, nem todas as vezes as categorias podem ser imediatamente definidas. Para atingi-las, é preciso muito estudo acerca do material obtido até que o conteúdo seja dominado, com a finalidade de compará-los ao referencial teórico. Nas pesquisas quantitativas, as categorias são estabelecidas previamente com frequência, simplificando o trabalho analítico (PRODANOV; FREITAS, 2013 p.113).

Assim para encontrar os resultados relacionados a permeabilidade da pavimentação será utilizada principalmente a fórmula da lei de Darcy, representada a seguir:

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

Onde I representa a infiltração em milímetros por hora (mm/h) posteriormente convertido para (m/s), M ilustra a quantidade de água penetrada em quilogramas (kg), o D retrata o diâmetro do cilindro em milímetros (mm), t equivale ao tempo entre o derramamento da água e sua infiltração e K corresponde ao valor constante de 4.583.666.000.

A partir destes resultados será utilizado o parâmetro de comparação apresentado no quadro I abaixo:

Quadro 1: Valores de Permeabilidade do solo

Tipo Solo	Coefficiente de permeabilidade I (m/s)	Grau de Permeabilidade
Brita	$> 10^{-3}$	Alta
Areia de brita, areia limpa e areia fina	10^{-3} a 10^{-5}	Média
Areia, areia suja e silte arenoso	10^{-6} a 10^{-7}	Baixa
Silte, silte argiloso	10^{-7} a 10^{-9}	Muito Baixa

Argila	<10 ⁻⁹	Praticamente Impermeável
--------	-------------------	--------------------------

Fonte: Jabur, 2013

A O trabalho será finalizado através de análise dos resultados encontrados pelo ensaio, podendo ser observada a permeabilidade do local escolhido por meio do seguinte modelo de tabela:

Ensaio	Volume de Água (L)	Tempo (s)	Infiltração (mm/h)	Infiltração (m/s)
1				
2				
3				

Fonte: Produzido pelo autor

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 foram definidos os locais aos quais seriam feitos os testes, todos na cidade de São Mateus – ES. Para melhor identificação dos tipos de pavimento tem-se a figura 3 abaixo:

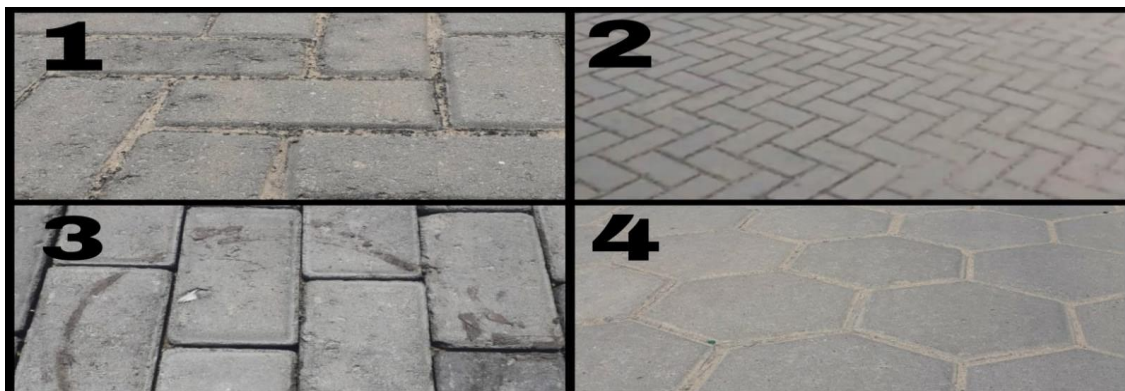


Figura 3: Tipos de Pavimentos Testados. Fonte: Feito pelos autores

Assim em cada um desses locais e tipos de pavimentos foram feitos 3 testes para se conseguir uma base real para os resultados apresentados a seguir. Basicamente, como já especificado no referencial teórico, ao chegar no local, após o pavimento ser varrido para melhor aderência, o corpo cilíndrico é vedado com a massa de calafetar. Após isto, é feita uma revisão da vedação e se necessário se utiliza mais massa para evitar ao máximo os vazamentos. Ao final dos testes usou-se a lei de Darcy para a obtenção dos resultados em mm/h para determinar o coeficiente de permeabilidade dos pontos de estudo. É feita a conversão das unidades, pois esse coeficiente é medido em m/s para demonstrar a velocidade em que a água infiltra no solo (PINTO, 2002).

O primeiro local está situado no Bosque da praia no bairro Guriri, é formado pela paginação do tipo espinha de peixe, o encontro das peças possui 3mm de afastamento. O ponto 1 deste local é localizado na avenida principal de acesso onde há um fluxo maior de tráfego, o que pode ter gerado um acúmulo de sedimento entre as juntas obtendo uma infiltração de $3,503 \times 10^{-5}$ m/s. O ponto 2 é localizado em uma rua de acesso lateral, a mesma possui um fluxo menor de tráfego, notou-se também um menor acúmulo de sedimento entre juntas; ao final do teste foi encontrada para este ponto uma infiltração de $7,133 \times 10^{-5}$ m/s. O ponto 3 é situado também na avenida principal, o diferencial é que era localizado em uma curva que liga a avenida a uma rua de acesso lateral, foi notado que as juntas nesse local estavam bem mais preenchidas de um solo compactado o que afetou diretamente a permeabilidade, obtendo uma infiltração de $9,238 \times 10^{-6}$ m/s.

O local 2 está localizado no loteamento Burittis II, a paginação do local é composta pelo tipo espinha de peixe, com juntas de 3mm. O primeiro ponto estudado está localizado em uma das ruas de acesso ao loteamento, o que gera uma maior incidência de tráfego e conseqüentemente o acúmulo de sedimento nos encontros das peças, o ponto 1 obteve uma infiltração de $2,153 \times 10^{-5}$ m/s. O ponto 2 escolhido nessa localidade é situado na mesma rua do ponto 1, porém se encontra na direção de uma declividade. Por se tratar de um loteamento recente há muitos lotes vagos. Com chuvas intensas, o solo se desprende e escoar ladeira abaixo fazendo com que se deposite justamente onde o ponto 2 se localiza, devido a esse fato o acúmulo de sedimento prejudica a penetração das águas gerando a infiltração encontrada de $6,196 \times 10^{-6}$ m/s. O ponto 3 está situado na rua acima da declividade do ponto 2, devido ao escoamento correto do local e o baixo fluxo de tráfego há pouco acúmulo de sedimento nas juntas, gerando uma infiltração de $6,406 \times 10^{-5}$ m/s.

O local 3 é formado pela nova pavimentação que compõe o calçadão da orla da praia de Guriri, as juntas possuem um afastamento de 3mm e a sua paginação é formada pelo tipo fileira. Ponto 1 está localizado próximo à passarela de acesso à praia e também onde há menos vegetação para retenção da areia, o que pode ter gerado um maior acúmulo de sedimento entre as juntas. Nesta localidade as mesmas estavam mais preenchidas por um material compactado o que acredita-se ter prejudicado a infiltração. Foi encontrado o valor de $2,201 \times 10^{-5}$ m/s. Os pontos 2 e 3 possuem as juntas com pouco acúmulo de sedimentos devido a se tratar de uma

pavimentação recente, ao fluxo apenas de pedestres e a contenção da areia da praia pela restinga presente no local. Os valores de infiltração encontradas para os dois pontos foram $1,632 \times 10^{-4}$ m/s e $9,345 \times 10^{-5}$ m/s respectivamente.

O local 4 é parte da avenida que leva até o Bosque da praia onde a pavimentação é composta por blocos intertravados sextavados. Por se tratar de um pavimento mais antigo e com um fluxo de tráfego recorrente, as juntas estão muito preenchidas de um solo bem compactado; outro fator de influência é a dimensão do bloco que conseqüentemente gera um número menor de juntas. Acredita-se que a falta de manutenção, o tempo de utilização e o tipo de bloco influenciam diretamente na permeabilidade do local. As infiltrações encontradas nos pontos escolhidos para o estudo foram $7,933 \times 10^{-6}$ m/s para o ponto um, $5,936 \times 10^{-6}$ m/s para o ponto dois e $6,580 \times 10^{-6}$ m/s para o ponto três.

Todos esses resultados estão apresentados na tabela 3 a seguir de forma mais sucinta. Sabe-se que os “Valores de coeficiente de permeabilidade acima de 10^{-5} m/s atestam que o pavimento irá funcionar de forma adequada.” (MARCHIONI; SILVA, 2011).

Tabela 3 – Resultados obtidos pelos ensaios de permeabilidade

Pavimento Intertravado - Bosque				
Ensaio	Volume de Água (L)	Tempo (s)	Infiltração (mm/h)	Infiltração (m/s)
1	3,6	1454	$126,098 \frac{mm}{h}$	$3,503 \times 10^{-5} \frac{m}{s}$
2	3,6	714	$256,788 \frac{mm}{h}$	$7,133 \times 10^{-5} \frac{m}{s}$
3	3,6	5513	$33,257 \frac{mm}{h}$	$9,238 \times 10^{-6} \frac{m}{s}$
Pavimento Intertravado – Buritis II				
Ensaio	Volume de Água (L)	Tempo (s)	Infiltração (mm/h)	Infiltração (m/s)
1	3,6	2365	$77,525 \frac{mm}{h}$	$2,153 \times 10^{-5} \frac{m}{s}$
2	3,6	8220	$22,305 \frac{mm}{h}$	$6,196 \times 10^{-6} \frac{m}{s}$
3	3,6	795	$230,625 \frac{mm}{h}$	$6,406 \times 10^{-5} \frac{m}{s}$
Pavimento Intertravado – Calçadão				
Ensaio	Volume de Água (L)	Tempo (s)	Infiltração (mm/h)	Infiltração (m/s)
1	3,6	2314	$79,234 \frac{mm}{h}$	$2,201 \times 10^{-5} \frac{m}{s}$
2	3,6	312	$587,649 \frac{mm}{h}$	$1,632 \times 10^{-4} \frac{m}{s}$
3	3,6	545	$336,416 \frac{mm}{h}$	$9,345 \times 10^{-5} \frac{m}{s}$
Pavimento Sextavado - Bosque				
Ensaio	Volume de Água (L)	Tempo (s)	Infiltração (mm/h)	Infiltração (m/s)
1	3,6	6420	$28,559 \frac{mm}{h}$	$7,933 \times 10^{-6} \frac{m}{s}$
2	3,6	8580	$21,369 \frac{mm}{h}$	$5,936 \times 10^{-6} \frac{m}{s}$
3	3,6	7740	$23,688 \frac{mm}{h}$	$6,580 \times 10^{-6} \frac{m}{s}$

Fonte: Feito pelos autores

A partir desses resultados apresentados pode-se fazer algumas considerações para a hipótese do projeto: o bloco intertravado realmente auxilia na drenagem urbana?

Com base no tipo de paginação utilizado, nas observações preliminares dos locais e no trânsito em cada ponto pode-se verificar a área com melhor absorção. Como referência, tem-se a comparação entre o local 4 com tempo de permeabilidade mais elevado e o local 3 que obteve o melhor tempo de infiltração. Isto se dá devido a todas as características já citadas anteriormente. Vê-se que as condições, o local e dimensão do bloco influenciam diretamente na eficiência permeável do pavimento.

Na visão de SANTOS et al (2017) o solo se apresenta com maior dificuldade de absorção da água devido a colmatação, que se trata da vedação das juntas do pavimento com sedimentos e o autor ainda acrescenta que a variável para um maior acúmulo é a quantidade de veículos que passam no pavimento e se existem áreas propícias a ter carreamento do solo.

Percebe-se que o pavimento intertravado realmente auxilia na drenagem urbana, no entanto, em locais com tráfego mais intenso e pavimentos mais antigos apresentam índices de permeabilidade menores, devido aos sedimentos acumulados entre as juntas, o que prejudica a infiltração das águas. Deste modo para maior eficiência na drenagem urbana é necessária a retirada dos sedimentos que se acumulam, recomenda-se que seja feita uma limpeza anual da pavimentação para a garantia de sua vida útil e bom funcionamento. (MARCHIONI e SILVA, 2010).

5. CONCLUSÃO

Através de todos os dados e informações apresentados ao longo do artigo e de acordo MARTINS (2014) sabe-se que o pavimento intertravado é muito utilizado pelo fator estético, mas também por proporcionar vias com maior capacidade drenante, pois a água permeia por meio do encaixe das peças. Tendo como objetivo principal mostrar a aplicabilidade do bloco intertravado na drenagem urbana, consegue-se afirmar que a pavimentação intertravada é eficiente para tal, ainda mais quando comparado a outros tipos de pavimentações como o asfalto betuminoso onde a infiltração é feita somente por meio das galerias que fazem a captação e transporte de águas pluviais. Ainda conforme o autor, é importante considerar que o teste ASTM C1701 é realizado em um ponto específico e concentrado, ou seja, o

pavimento tem a habilidade de percolar a água através dos encontros dissipando-o a uma maior área quando um local se encontra saturado.

Conseqüentemente o piso intertravado contribui muito para que a água da chuva infiltre no solo sendo uma ótima solução para evitar o escoamento superficial, deterioração das vias e enchentes, trazendo maior conforto e qualidade de vida para a população. Logo concluiu-se através dos testes que apesar de ter um médio índice de permeabilidade, sua aplicação se torna vantajosa para auxiliar na drenagem urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIOLI, Laura Albuquerque. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de pesquisa hidráulicas, Porto Alegre, 2005.
- ARAÚJO J., Josemildo Verçosa de, et al., **Pavimento permeável: Funcionalidade e aplicabilidade em rede de drenagem**. 2018. I Encontro Regional de Estudos Agroambientais. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Alagoas, 2018.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 15953: **Pavimento intertravado com peças de concreto — Execução** - Rio de Janeiro, 2011.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 16416: **Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos** - Rio de Janeiro, 2015.
- DOS SANTOS, Thais Ferreira et al. **PAVIMENTO INTERTRAVADO PERMEÁVEL COM RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E MICROESFERAS DE PARAFINA**. Revista Univap, v. 22, n. 40, p. 551, 2017.
- GIL, Antônio Carlos. **Método e técnicas de pesquisa social**. 5. edição. São Paulo: Atlas, 1999. 100 p.
- GIL, Antônio Carlos. **Método e técnicas de pesquisa social**. 6. edição. São Paulo: Atlas, 2008. 51p.
- GODINHO, Dalter Pacheco. **Pavimento intertravado: uma reflexão na ótica da durabilidade e sustentabilidade**. 2009. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- HALLACK, ABDO. “**Pavimento Intertravado: uma solução universal**”, Revista Prisma, dezembro. 2001.
- JABUR, Andrea Sartori. **Projeto de Pesquisa: MAPLU 2 – Manejo de águas pluviais em meio urbano – Técnicas Compensatórias**. Universidade do Rio Grande do Sul, 2013.
- LARENTIS, DANTE. **Conceitos da drenagem urbana**. Rhama Aprenda, [S.L.], 2017. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/index.php/aguas-urbanas/conceitos-da-drenagem-urbana/>>. Acesso em: 11 mai. 2020.
- LIMA, Telma Cristiane Sasso de; MIOTO, Regina Célia Tamasso. **Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica**. Disponível em: <scielo.br/scielo.php?pid=S1414-49802007000300004&script=sci_arttext>. Acesso em: 03 maio.2020.

- MACIEL, Anderson Brum. **Dossiê Técnico - Pavimentos Intertravados**. Santa Rosa: SENAI, Virgílio Lunardi, 2007.
- MARAFON, José Glaucio et al. **Amostragem em pesquisa qualitativa; subsídios para a pesquisa geográfica**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 540 p, 2013. NAGALLI, André. Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil. Oficina de Textos, 176 p. 2016
- MARCHIONI, Mariana & SILVA, Cláudio Oliveira Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2010. 24p.
- MARCHIONI, Mariana; SILVA, Cláudio Oliveira. **Pavimento intertravado permeável – melhores práticas** - ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, 2011.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de Pesquisa** . 5.ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002.
- MARTINS, Ronaldo Miotto. **Análise da capacidade de infiltração do pavimento intertravado de concreto**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- MOURA, Thales Augustus Moreira. **Estudo experimental de superfícies permeáveis para o controle do escoamento superficial em ambientes urbanos**. 2005. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília - Faculdade de Tecnologia. Brasília, 2005.
- MULLER; Marina Zart. **TÉCNICA COMPENSATÓRIA DE DRENAGEM URBANA: UM ESTUDO SOBRE PAVIMENTO DE CONCRETO PERMEÁVEL**. 2017. Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil. Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.
- PARRA, Geovana Geloni; TEIXEIRA, Bernardo Arantes do Nascimento. **ANÁLISE DA PERMEABILIDADE E DOS MÉTODOS DE INSTALAÇÃO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS CONTIDOS EM ARTIGOS CIENTÍFICOS E EM CATÁLOGOS TÉCNICOS**. 2015. Revista Nacional de Gerenciamento das Cidades - ISSN 2318-8472, v.03, n.15, 2015.
- PINTO, C. **Curso básico de mecânica dos solos**. Oficina de textos. 2ª edição. São Paulo, 2002
- PORTLAND, Associação Brasileira de Cimento. **Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público**. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2010. 36p.
- PRODANOV, Cléber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2.ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- SILVA, Claudio Oliveira. **Execução e Manutenção de Pavimento intertravado**. ABCP, 2013. Disponível em <<http://lajesitaim.com.br/pdf/manual-instalacao-abcp.pdf>>. Acesso em: 11 Jun. 2020.
- SOUZA J., Rogério Barbosa de; BAESSE, Thalita de Abreu; AMORIM J., Joãozito Cabral. **UTILIZAÇÃO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS PARA REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PROVINIENTES DAS ÁGUAS PLUVIAIS**. 2018. Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil – Faculdade Capixaba da Serra - MULTIVIX, Serra, 2018.
- VAKS; Gabriel Londynski. **MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO PERMEÁVEL – ESTUDO DE CASO DE ESTACIONAMENTO COMERCIAL**. 2018. Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.