

# ESTUDO DE REVESTIMENTO ASFÁLTICO PERMEÁVEL

WESLEY DOS SANTOS SILVA <sup>1</sup>  
VINICIUS GONSALES DIAS <sup>2</sup>

**RESUMO:** A ocupação acelerada das grandes metrópoles provocou um aumento não planejado das áreas impermeáveis, que tendem a receber as águas pluviais e lançá-las diretamente na rede de drenagem, sobrecarregando essa rede e provocando alagamentos em diversos pontos da cidade. Até então, poucas medidas efetivas foram tomadas pelo poder público para diminuir esse obstáculo provocado pela impermeabilização. Sendo assim, a pesquisa objetivou-se em analisar a estabilidade e a fluência do revestimento de betume convencional utilizando os agregados das faixas granulométricas do DNIT para pavimento flexível com a retirada dos agregados miúdos. Para tanto, o presente estudo realizou um projeto de asfalto poroso permeável do referido tema, que como metodologia foi realizado um estudo experimental utilizando os métodos e materiais descritos nas normas DNER-ES 386/99. Concluiu-se com esta pesquisa que os resultados visam subsidiar as melhorias nos pavimentos onde se encontram pouca permeabilidade e percussão das águas e que possa reduzir os impactos provocados pelos picos de chuvas. Esta pesquisa produziu e analisou o revestimento asfáltico permeável onde a estabilidade e o vazios foram avaliadas por meio do ensaio de Marshall, com a utilização de ligante asfáltico com polímero. Onde o revestimento permeável apresentou valores de vazios e estabilidade inferiores aos estabelecidos pela norma.

**Palavras-chave:** Asfalto permeável; Camada porosa de atrito; Ensaio Marshall

## STUDY OF PERMEABLE ASPHALT COATING

**ABSTRACT:** The accelerated occupation of large metropolises caused an unplanned increase in impermeable areas, which tend to receive rainwater and throw it directly into the drainage network, overloading this network and causing flooding in different parts of the city. Until then, few effective measures have been taken by the government to reduce this obstacle caused by waterproofing. Therefore, the research aims to analyze the stability and fluency of the conventional bitumen coating using the aggregates of the DNIT granulometric bands for flexible flooring with the removal of fine aggregates. For this purpose, the present study carried out a permeable porous asphalt project on that subject, which as a methodology was carried out an experimental study using the methods and materials described in the DNER-ES 386/99 standards. It is hoped with this research that the results aim to subsidize the improvements in the pavements where there is little permeability and percussion of the water and that can reduce the impacts caused by the rain peaks. This research produced and analyzed the permeable asphalt lining where stability and voids were assessed using the Marshall test, using asphalt binder with polymer. Where the permeable coating showed void values and stability lower than those established by the standard.

**Key-words:** Cbuq; Permeable asphalt; Porous friction layer; Marshall essay.

---

<sup>1</sup> Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: [wesleysantos15@hotmail.com](mailto:wesleysantos15@hotmail.com)

<sup>2</sup> Professor do Curso de Engenharia Civil UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: [viniciusgonsalesdias@gmail.com](mailto:viniciusgonsalesdias@gmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

Em territórios urbanos, a crescente apropriação e impermeabilização dos terrenos aliada à falta de planejamento ambiental têm resulta no crescimento considerável de áreas impermeáveis como, por exemplo: ruas, calçadas, estacionamentos, avenidas e outros, das quais alteram enormemente as características de qualidade e quantidade do ciclo hidrológico (TUCCI, 2008). A relutância deste fato é a ocorrência inesperada de problemas de desconforto urbano como as enchentes, o acréscimo da temperatura, o efeito estufa, e a degradação das águas pluviais, dentre outros (CHANDRAPPA & BILIGIRI,2016).

As enchentes e as tragédias acarretada pela chuva são um problema muito frequente no Brasil, anos após ano no ciclo chuvoso as notícias de alagamentos se colocam pelos meios jornalístico de todo o país. A indagação é que ocorrências comuns como esses podem ser prevenidos de diversas maneiras, uma das maneiras de atenuar o problema é a utilização do asfalto permeável. Muitos rios compõem aquilo que chamamos de planícies de inundação, esses cursos d'água dispõem de uma área nos limites de suas margens para as quais extravasam a sua vazão no decorrer de alguns períodos de fortes chuvas. O problema é que, graças ao crescimento urbano acelerado, algumas dessas áreas de inundação são erroneamente ocupadas, ocasionando inundações que chegam a deixar bairros inteiros embaixo d'água (PENA, Rodolfo F. Alves,2020).

As enchentes produzem um grande problema no espaço das cidades, principalmente nas grandes metrópolis. Usualmente, sua causa está relacionada com a acumulação da água das chuvas sem a subsistência de meios necessários para o seu escoamento. Todavia, nem todas as suas causas são antrópicas, ou seja, provocada pelo homem. Em alguns casos, essa é meramente uma ocorrência natural, que é intensificada pelo processo de urbanização desarranjado e sem planejamento (SILVA, Julio Cesar Lazaro,2020).

O problema da pavimentação das ruas e a cimentação de quintais e calçadas conseguiriam ser atenuada pela correta instalação de sistemas de drenagem, que são meios para ajudar a conter ou a escoar o curso das enxurradas por meio de “bocas de lobo”, “piscinões” ou dutos para levar o excesso de água para outra região. Todavia, quando esses sistemas são incapazes e mal construídos usualmente por, desvio ou superfaturamento da verba pública, ocorre graves problemas nas épocas de chuva (PENA, Rodolfo F. Alves,2020).

Para agravar a situação, muitas vezes esses sistemas de drenagem são agravados pelo excesso de lixo descartado de maneira incorreta, sujando as cidades e entupindo valas que deveriam ter a função de acumular água em vez de resíduos sólidos. A resultância é a elevação do nível das águas além do aguardado (BRKAMBIENTAL.2019)

Para essa solução uma das medidas que poderia ser tomada seria o uso de dispositivos de pré-urbanização como o revestimento de asfalto poroso, capaz de diminuir o escoamento superficial e as vazões de pico a níveis iguais ou inferiores aos achados antes da urbanização.Esse dispositivo assim como outros se acomoda no conceito de pré-urbanização, que nada mais é que a busca pela aplicação de dispositivos de aumento na infiltração e diminuição no escoamento superficial, além disso estes dispositivos também contribuem a qualidade da água e o abastecimento do lençol freático ( WINCK, Allan Daniel.2017).

A tendência atual, em uma abordagem sustentável, é buscar a manutenção de circunstâncias próximas à de pré-ocupação a partir de elementos que autorizem a infiltração de água e atrasem seu escoamento. Neste contexto, os pavimentos permeáveis têm se transformado um elemento de papel fundamental por diminuírem volumes de escoamento superficial e o impacto sobre a qualidade da água. habitualmente, os sistemas permeáveis de pavimentação são compostos por pavimentos porosos de asfalto (GONÇALVES, 2014).

Nesse contexto, o presente estudo visa realizar um estudo sobre asfalto permeável, através da elaboração de um traço a fim de determinar sua estabilidade e tração para o uso desse revestimento em pontos de baixa permeabilidade, onde um exemplo a ser utilizado é na cidade de Sorriso-MT, onde em várias rotatórias, ruas e avenidas existem algum tipo de acúmulo de água.

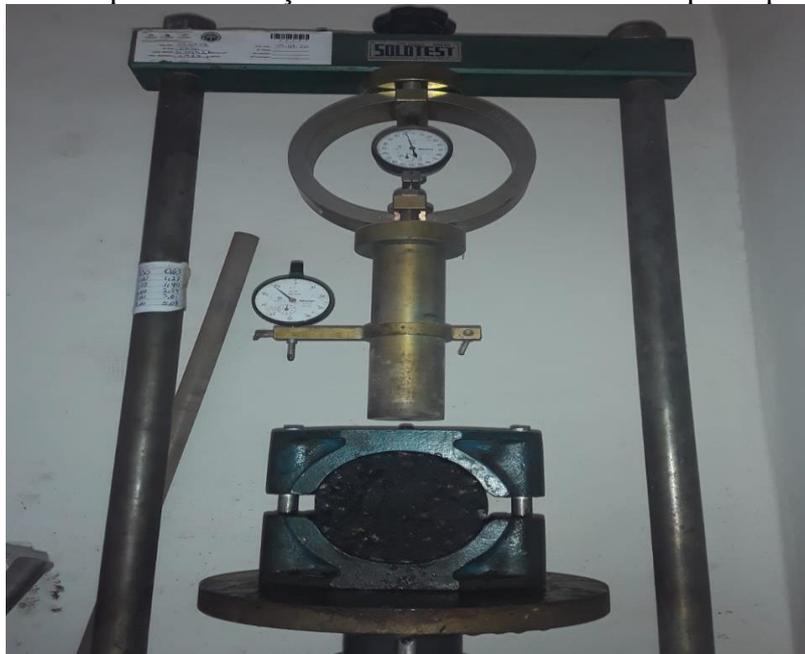
## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Ensaio Marshall

O Ensaio Marshall é a metodologia mais utilizada para projetos de pavimento no Brasil, principalmente por sua simplicidade, rapidez de execução e baixo custo dos equipamentos (BECK, 2005). No Brasil, o ensaio Marshall é regulamentado pela norma ME 043/95 (DNER, 1995).

O ensaio consiste da aplicação de carga de compressão através de um cabeçote curvo padronizado sobre um corpo-de-prova cilíndrico com dimensões de 100mm de diâmetro e 63,5mm de altura, à temperatura de 60°C ( Imagem 1). A aplicação da carga se realiza a uma taxa constante de 5cm/minuto, geralmente com a parte superior da prensa fixa e o prato inferior se deslocando para cima. Para manter esta taxa constante, devido à resistência do material ensaiado, uma força crescente é necessária. A carga crescerá até que agregados se desloquem ou quebrem, fazendo com que o material perca estabilidade. Esta carga máxima atingida é chamada estabilidade Marshall (ABEDA, 2010).

**Imagem 1** : Prensa para a realização do ensaio marshall com corpo de prova para ser ensaiado



**Fonte:** Própria (2020)

**Imagem 2** : Processamento dos Ensaios de elaboração do projeto.



Fonte: Própria (2020)

## 2.2 Revestimento Convencional

O revestimento asfáltico na constituição de pavimentos flexíveis é uma das soluções mais empregadas na construção e recuperação de vias de tráfego urbano, rodoviário. De acordo com a Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto (Abeda), mais de 90% das estradas pavimentadas no Brasil são de revestimento asfáltico. Na maior parte dos pavimentos usa-se como revestimento uma mistura de agregados minerais, de tamanhos variados, podendo variar a origem, com ligantes asfálticos que seja capaz garantir ao serviço executado os requisitos previstos de impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamentos térmico, de acordo com o clima e o tráfego previsto para o local. (BERNUCCI et al., 2008).

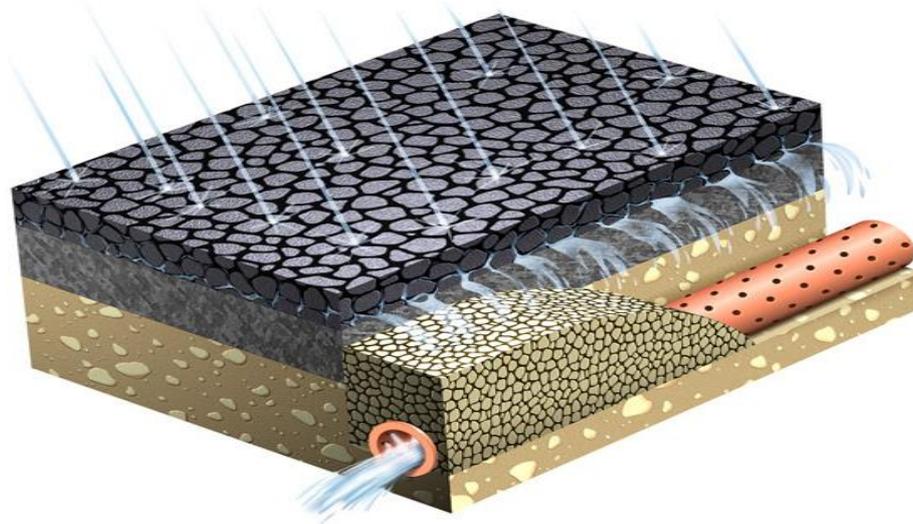
## 2.2 Revestimento de Asfalto permeável

Um desses problemas é a diminuição do índice de permeabilidade do solo causada pela pavimentação crescente que sempre acompanha o desenvolvimento urbano de uma região. Em decorrência, o sistema de drenagem pode sofrer sobrecargas uma vez que a capacidade de infiltração do solo é alterada e a pavimentação amplia a velocidade de escoamento e as vazões de pico. Como estratégia para diminuição das enchentes urbanas pode ser utilizados pavimentos permeáveis que aceitam a infiltração do escoamento superficial (CHANDRAPPA & BILIGIRI, 2016).

Os pavimentos permeáveis são dispositivos de controle na fonte, que agem no controle da produção do escoamento superficial, possibilitando que a água proveniente da chuva passe através deles, diminuindo desse modo o escoamento superficial e possibilitando a filtração de alguns poluentes, os quais são lavados durante um evento chuvoso (CASTRO et

al, 2012). A Imagem 3 exemplifica como é concebida convencionalmente uma rede de drenagem com pavimento permeável.

**Imagem 3:** Modelo de Sistema de Drenagem do pavimento permeável



**Fonte:** Pinheiro (2019)

Pavimentos permeáveis são estipulados como sendo aqueles que possuem espaços livres em sua estrutura por onde a água pode escoar, podendo infiltrar no solo ou ser transportada através de sistema auxiliar de drenagem. Este tipo de pavimento busca reduzir o volume de água referente ao escoamento superficial e, por consequência, diminuir a solicitação do sistema de drenagem urbana e a probabilidade de enchentes. Como efeitos complementares, tem-se a melhora da qualidade de água infiltrada por carrear menor quantidade de poluição difusa e a contribuição para a recarga.

Como define Virgillis (2009) o pavimento permeável é aquele que dispõe de expressivo grau de porosidade e permeabilidade de forma a influenciar a hidrologia e causar algum efeito positivo ao meio ambiente, seja contendo enchentes ou apenas propiciando maior infiltração de água no solo. Tal pavimento denominado CPA (camada porosa de atrito) busca limitar a quantidade de água pertinente ao escoamento superficial e, desta forma, reduzir a demanda da rede de drenagem urbana e a possibilidade de enchentes.

A constituição do pavimento poroso é em certos pontos semelhante à constituição dos pavimentos convencionais, camada superior, por exemplo, é construída da mesma forma, com a uma diferença que é a retenção da fração de areia do conjunto de agregados que irão constituir o pavimento, gerando uma graduação aberta (ARAÚJO et. al., 2000). Essa graduação tem como consequência uma mistura asfáltica que pode gerar de 18% a 25% de vazios que possibilita percolação rápida da água. Além disso, o CPA proporciona muitas outras vantagens como redução da espessura da lâmina d'água sobre o pavimento; redução do spray, gerando melhor visibilidade; e redução da reflexão da luz dos faróis noturnos. (BERNUCCI et. al., 2008).

Para o entendimento do funcionamento da estrutura de um pavimento poroso genérico Araújo et. al. (2000), fala que a precipitação ao cair sobre o pavimento precisa infiltrar rapidamente sobre a camada de revestimento poroso (espessura de 5 a 10 cm), passar por uma “camada filtro” de agregados. Essa graduação tem como consequência uma mistura asfáltica que pode gerar de 18% a 25% de vazios que possibilita percolação rápida da água. Além disso, o CPA proporciona muitas outras vantagens como redução da espessura da

lâmina d'água sobre o pavimento; redução do spray, gerando melhor visibilidade; e redução da reflexão da luz dos faróis noturnos. (BERNUCCI et. al., 2008).

Dentro do reservatório, o acúmulo será capaz penetrar o subsolo ou ser coletado por uma rede de drenagem própria do pavimento de onde pode ser transportado para a própria rede de drenagem urbana ou coletado para algum uso posterior.

Este tipo de pavimento busca diminuir o volume de água referente ao escoamento superficial e, por resultado, reduzir a solicitação do sistema de drenagem urbana e a probabilidade de enchentes. Como efeitos complementares, tem-se a melhora da qualidade de água infiltrada por conduzir menor quantidade de poluição difusa e a contribuição para a recarga. Este trabalho tem o objetivo geral de analisar de forma experimental um traço de concreto permeável que utilize alta taxa de porosidade

## **2.3 Composição do CBUQ**

### **2.3.1 Agregados**

Tratam dos agregados empregados em revestimentos asfálticos de pavimentos, quaisquer os revestimentos asfálticos estabelecem de associações de ligantes asfálticos, de agregados e, em alguns casos, de produtos complementares.

O agregado graúdo pode ser pedra britada, escória, seixo rolado de preferência britado ou outro material adequado (DNER-ME 035); O agregado miúdo pode ser areia, pó-de-pedra ou combinação de ambos ou outro material recomendado nas especificações complementares.

### **2.3.2 Material de Enchimento (FILER)**

Material de enchimento (filer) Quando da aplicação deve estar seco e isento de grumos, e deve ser constituída por materiais minerais finamente divididos, tais como cimento Portland, cal extinta, pós-calcários, cinza volante (DNER-EM 367).

### **2.3.3 Betume (Cimento Asfáltico de Petróleo com polímero)**

Betume é uma mistura líquida de alta viscosidade, coloração escura e inflamável (COBBOLD et al. 2014). O cimento asfáltico modificado por polímeros é um ligante asfáltico especial fabricado a partir da modificação do cimento asfáltico de petróleo por polímeros elastômeros sintéticos, resultando em asfaltos que conferem propriedades superiores aos asfaltos convencionais, por esse motivo opta-se por principalmente para minimizar os tipos mais frequentes de falha dos pavimentos, como a deformação permanente e trincamento por fadiga, proporcionando maior vida útil aos revestimentos asfálticos (ABEDA, 2010).

O cimento asfáltico é um material termo visco plástico ideal para a utilização em trabalhos de pavimentação, visto que, além de suas propriedades aglutinantes e impermeabilizantes, possui características de flexibilidade, e alta resistência a maioria dos ácidos, sais e álcalis. O CAP em suas aplicações deve estar livre de água e homogêneo em suas características. Para a sua utilização apropriada, recomenda-se o conhecimento prévio da curva viscosidade/temperatura (DNER-ME 003/99).

Além disso, sabendo que o aumento considerável do volume de tráfego, intenso e pesado, e aumento da temperatura da pista o CAP modificado por polímero é substancialmente melhor pois aumenta a resistência, as deformações e melhora o desempenho quanto a fadiga.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local de Estudo

O estudo foi desenvolvido no segundo semestre do ano de 2020 no laboratório tecnológico da empresa Construcamera Terraplanagem e Pavimentação na cidade de Sinop-MT onde a empresa atua no ramo de pavimentação onde o laboratório que constituir-se em local amplo e adequado para a realização dos ensaios necessários para o desenvolvimento do estudo DNER-ES 386/99 (Pavimentação – pré-misturado a quente com asfalto polímero – camada porosa de atrito).

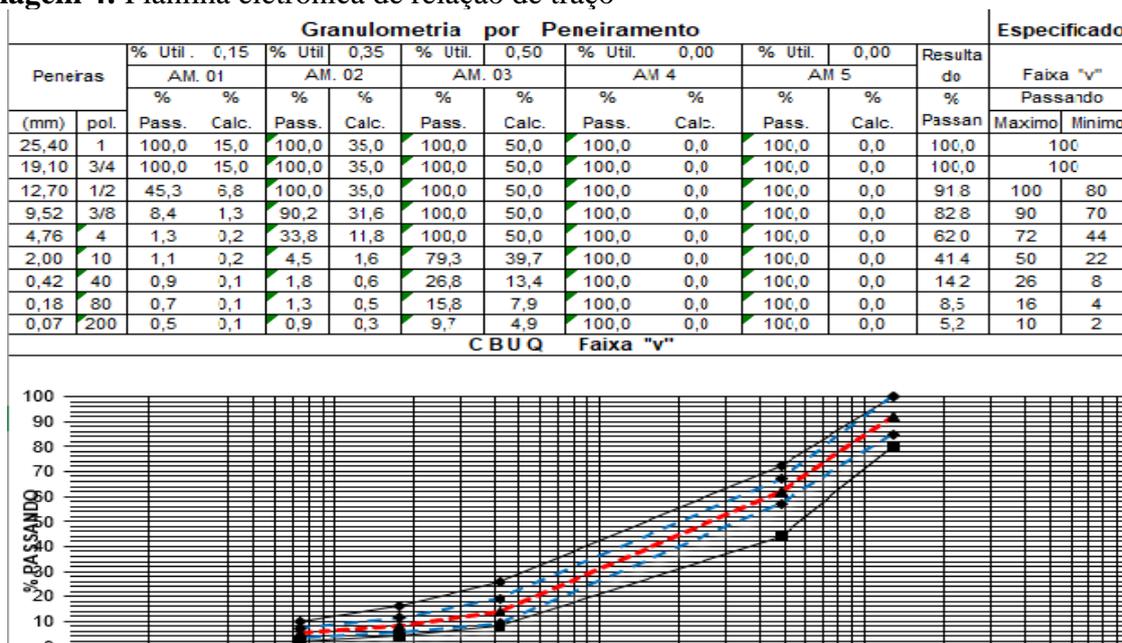
#### 3.1.2 Material

Para processar o estudo de dosagem desenvolvi um traço de asfalto permeável analisando o comportamento junto a norma, onde usou-se os seguintes materiais: Brita ¾, Pedrisco, Pó de Pedra e Cap com polímero, com as seguintes origens e diâmetros. Brita ¾ de diâmetro máximo ¾; pedrisco de diâmetro Máximo ¾; pó de diâmetro máximo 4,8 mm.

#### 3.1.3 Processamentos dos ensaios para obtenção da mistura

Para processar o estudo de dosagem método de ensaio utilizado foi definido pela norma DNER-ES 386/99 (Pré – Misturado a quente Camada Porosa) através desse método se determinará a estabilidade e a fluência de misturas betuminosas, utilizando o aparelho Marshall, para análise foi utilizado o Ensaio Marshall. Para a realização desse ensaio, foram utilizadas as porcentagens de agregados para faixa V, da norma. As misturas selecionadas foram dosadas em laboratório segundo a metodologia Marshall e submetidas aos ensaios convencionais Estabilidade Marshall e Resistência à tração por compressão diametral estática, a figura a seguir é um exemplo e refere á planilha eletrônica de composição em %.

**Imagem 4:** Planilha eletrônica de relação de traço



Fonte: Próprio (2020).

Para determinar qual a porcentagem máxima de agregados de origem natural que poderiam ser enquadrar na faixa especificada, diferentes porcentagens para cada agregado foram testadas varias faixas em planilha eletrônica até que a curva se enquadrasse nos limites de tolerância da faixa V especificada pelo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte). Após a determinação dos parâmetros de dosagem Marshall, tendo-se determinado a porcentagem de teor de ligante de projeto, com base no mais usual no mercado, foram moldadas amostras de cada mistura para a verificação do comportamento mecânico (ensaio de resistência à tração por compressão diametral)

Os materiais foram submetidos aos seguintes ensaios: quarteamento; granulométrica; massa específica aparente e equivalente de areia, onde todos seguem as recomendações da norma.

Após o processamento dos ensaios, elaboramos a mistura enquadrando-a na faixa “V” da norma, conforme a figura 5.

**Imagem 5:** Composição faixa V de limites a serem adotados

Peneira de malha quadrada		% em massa, passando	
Série ASTM	Abertura (mm)	Faixa V	Tolerância
2"	50.8	-	-
1 1/2"	38.1	-	-
1"	25.4	-	-
3/4"	19.1	100.00	-
1/2"	12.7	70 – 100	± 7%
3/8"	9.5	50 -80	± 7%
Nº 4	4.8	18 – 30	± 5%
Nº 10	2	10 – 22	± 5%
Nº 40	0.42	6 – 13	± 5%
Nº 80	0.18	-	± 3%
Nº 200	0.075	3- 6	± 2%

Fonte: Norma DNER ES-386/99

A mistura teórica foi calculada em função da dosagem da mistura, por intermédio de gráficos e sua consequente execução experimental, conferindo sua curva de distribuição granulométrica através do ensaio de granulometria, moldagem dos corpos de provas, pesagens, rompimentos e determinação dos parâmetros físicos. Ao realizar a análise da curva granulométrica obtida, foi verificado que a maior parte de sua composição era formada por agregados graúdos.

De acordo com a faixa granulométrica estabelecida (Faixa V do DNIT), a composição em que era possível utilizar maior quantidade desses agregados foi de acordo com os parâmetros estabelecidos pela norma não havendo a necessidade de filler. Com as quantidades definida de cada material, a curva se adaptou entre os valores mínimos e máximos estabelecidos pela norma. A mistura foi dosada experimentalmente pelo ensaio Marshall com os seguintes teores de ligante em peso, 2,5%, 3,0%, 3,5%,4,0% e 4,5% o CAP utilizado para mistura foi o 50/70 modificado com polímero.

### 3.2 Ensaio

Os ensaios foram realizados seguindo toda a sistemática a ser seguida pela norma na elaboração do pavimento permeável, através da confecção de corpos de prova de mistura betuminosa.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Composição dos traços

Depois de realizados todos os ensaios com as matérias pedra, pedrisco e pó de pedra, respeitando os métodos da norma Concluiu-se em cruzamentos de dados para determinar as porcentagens que foram aprovadas.

Para a análise do resultado de comportamento do asfalto poroso foi definido a execução de porcentagens sendo para a faixa V da norma DNER-ES 386/99 convencional teste, um para faixa porosa aberta seguindo o parâmetro dentro do limite de tolerância da faixa, para o traço poroso mínimo foram usadas dosagens menores de CAP, devido à dificuldade para produzir corpos de prova com dosagens acima de 3%, pois no momento de compactação o CP não suportou o valor mínimo de carga, desagregando-se ao ser retirado do anel do aparelho compactador, não atingindo os valores da norma como mostra a tabela 1 abaixo.

**Tabela 1:** Valores Encontrados

Tabela Comparativa de Resultados		
Características/Ensaio	Valores da Norma	Valores Encontrados
Porcentagem de vazios %	18 á 25	10,16
Resistencia á Tração Diametral (Kgf/cm <sup>2</sup> )	5,5	1,92
Estabilidade (Kgf)	500	172

Fonte: Própria (2020)

Abaixo, na tabela 2 o resultado da porcentagem passante para cada faixa e a dosagem para cada material, respectivamente foi adotada a faixa V.

**Tabela 2:** Porcentagem de material granular destinado para o traço

Granulometria por Peneiramento									Especificado	
Peneiras		% Util	0,41	% Util	0,38	% Util	0,21	Resultado Total	Faixa V	
		Pedra 1		Pedrisco		Pó				
(mm)	pol.	% Pass	% Calc	% Pass	% Calc	% Pass	% Calc	% Passando	Máximo	Mínimo
19,10	3/4	100,0	41,0	100,0	38,0	100,0	21,0	100,0	100	
12,70	1/2	39,8	16,3	100,0	38,0	100,0	21,0	75,3	100	70
9,52	3/8	7,4	3,0	96,5	36,7	100,0	21,0	60,7	80	50
4,76	4	0,3	0,1	22,0	8,4	99,9	21,0	29,5	30	18
2,00	10	0,3	0,1	1,0	0,4	80,8	17,0	17,5	22	10
0,42	40	0,2	0,1	0,8	0,3	27,5	5,8	6,2	13	6
0,07	200	0,2	0,1	0,6	0,2	12,3	2,6	3,0	6	3

Fonte: Própria (2020).

## 4.2 Obtenção da densidade dos agregados

Junto da composição dos traços foram realizados ensaios para obtenção dos valores de densidade dos agregados que são propriedades intrínsecas onde os valores são influenciados pela composição das misturas em termos de tipos e quantidades de agregados e materiais asfálticos, estas propriedades são úteis para calcular valores de porcentagem de vazios de ar e são essenciais para o cálculo de quantidade de asfalto absorvido pela porosidade interna das partículas individuais de agregados os valores são apresentados no quadro 2 abaixo.

**Quadro 2:** Densidade Real dos materiais

Agregado	Densidade Real (g/cm <sup>3</sup> )
Pedra 1	2672
Pedrisco	2650
Pó De Pedra	2709

## 4.3 Obtenção do Volume de vazios

Com os corpos de prova prontos foi possível realizar as medições da massa e do volume dos CP's assim como os cálculos de densidade aparente (DA), densidade teórica (DT) e o volume de vazios (V.V.)

Na tabela 2 a seguir, os resultados para o traço mostram que os valores de vazios ficaram fora do esperado para o traço convencional que é entre 18 e 25% segunda a norma, segundo WINCK, Allan Daniel.2017, Vazios sempre são necessários dentro da mistura, além de atribuir permeabilidade ao asfalto poroso, os vazios permitem a expansão térmica dos ligantes e o suporte a suave compactação causada pelo tráfego.

**Tabela 2:** Resultado do volume de vazios

CAP %	Peso Ar	Peso Imerso	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade Teórica (g/cm <sup>3</sup> )	% de vazios
2,5	1198,25	678,52	519,73	2,306	2,566	10,16
3,0	1193,22	677,32	515,90	2,313	2,546	8,95
3,5	1185,51	677,20	508,31	2,332	2,526	7,69
4,0	1197,38	682,5	514,88	2,326	2,507	7,24

Fonte: Própria (2020)

Misturas com variação de volume de vazios entre 6 e 13% (aproximadamente) não se enquadra nem impermeáveis, nem drenantes e são as mais susceptíveis ao dano por umidade induzida.

## **5. CONCLUSÃO**

O uso de um pavimento permeável seria um ótimo dispositivo para a solução de pontos específicos de alagamento, como uma rotatória. Tendo em vista que poderia reduzir os impactos provocados pelos picos de chuvas, além disso, diminuiria o escoamento superficial e ajudaria na manutenção do ciclo hidrológico através da sua capacidade de infiltração.

Com base na análise dos resultados do volume de vazios é possível constatar que os valores ficaram abaixo do estabelecido por norma, outro detalhe observado foi a fragilidade dos corpos de prova, nota-se que nos traços mais abertos ficaram muito suscetíveis a desagregação, entretanto, para uma análise mais precisa de quanto essa desagregação e baixo volume é preciso a execução de outros ensaios. Pode-se concluir que o traço de asfalto drenante produzido não atingiram os requisitos necessários de vazios, e desagregou impedido de ser utilizado para qualquer tipo de tráfego. Por outro lado, por ser um estudo primário, o conceito desse revestimento ainda não pode ser descartado, levando em conta a possibilidade de melhorar seus resultados com o aumento do teor de CAP e o uso de outras granulometrias de agregados.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Resolução Nº 19, de 11.07.2005 -- 17.3.2006.pdf**>. Acesso em: 30 mai. 2017.
- AZEVEDO NETO, M. F. Fernandez, R. Araujo, A. E. Ito. **Manual de Hidráulica**. São Paulo, Edigar Blucher, 1998 8ª ed. 669p.
- ANDRADE FILHO, A. G. de.; SZÉLIGA, M. R.; SZESZ, J. R. S. **Utilização de micro reservatório de detenção para atenuações de inundações em bacias urbanas**. *Ciências Exatas e da Terra, Ciências Exatas e Engenharia*, v. 6, n. 1, p. 47-68, 2000.
- ARAÚJO, P. R., TUCCI, C. E. M., GOLDEFUM J. A. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRG. Porto Alegre, 2000.
- BECK, J. J. K. **Estudo do comportamento de misturas asfálticas convencionais e modificadas preparadas com diferentes teores de fílers**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí. 2005.
- BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros**. 2010. 504p. Rio de Janeiro: Petrobras e Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto (Abeda), 2010.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 266 pág. Porto Alegre: ABRH. 2005
- CASTRO, et al, 2012. **Avaliação da Evolução do Comportamento Quantitativo de Pavimentos Permeáveis no Controle do Escoamento Superficial**. 2012 Disponível em: [1.amazonaws.com/Sumarios/97/5f3915d22ccc1b95a8613a0898e80355\\_1e3d7ec58d7d13fb6612833b4658c1c1.pdf](http://1.amazonaws.com/Sumarios/97/5f3915d22ccc1b95a8613a0898e80355_1e3d7ec58d7d13fb6612833b4658c1c1.pdf)
- CANHOLI, A. P. (2014). **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos.
- COBBOLD, P. R. et al. **Radial patterns of bitumen dykes around Quaternary volcanoes, provinces of northern Neuquén and southernmost Mendoza, Argentina**. *Journal of South American Earth Sciences*. Mendoza, Argentina, v. 56, p. 454-467. 2014.
- CHANDRAPPA, A. K., & BILIGIRI, K. P. (2016b). **Pervious concrete as a sustainable pavement material: research findings and future prospects: a state-of-the-art review**. *Construction & Building Materials*, 111, 262-274.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 386/99. Pavimentação – pré-misturado a quente com asfalto polímero – camada porosa de atrito.** Rio de Janeiro, 1999

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **EM 367. Material de enchimento para misturas betuminosas: Especificação de Material.** Rio de Janeiro, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 043. Misturas betuminosas a quente –Ensaio Marshall – Método de Ensaio.** Rio de Janeiro, 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 083. Agregados: análise granulométrica – Método de Ensaio.** Rio de Janeiro, 1998

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 153/97. Agregados: determinação de densidade – Método de Ensaio.** Rio de Janeiro, 1997

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 054. Equivalente de Areia –.** Rio de Janeiro, 1997

ENCHENTESNOBRASIL. Brkambiental, 23 set.2019. **Opinião.** Disponível em: <https://blog.brkambiental.com.br/enchentes-no-brasil/> >. Acessado em: 06/11/2020

GOOGLE. **Google imagens.** 2020. Visto em: < [google.com.br](http://google.com.br)>. Acessado em 15/06/2020

GONÇALVES, Andre Bertoletti; OLIVEIRA, Rafael Henrique de. Pavimentos permeáveis e sua influência sobre a drenagem. **São Paulo: Escola Politécnica,** 2014.

PENA, Rodolfo F. Alves. **"Enchentes"; Brasil Escola.** Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/enchentes.htm>. Acesso em 06 de novembro de 2020.

PINHEIRO, Igor. **Descubra Tudo Sobre Asfalto Permeável.** InovaCivil 2019. Disponível em: < <https://www.inovacivil.com.br/asfalto-permeavel/> >. Acessado em: 29/10/2020

SILVA, Júlio César Lázaro da. **"Enchentes e deslizamentos de terra no Brasil: Principais Causas"; Brasil Escola.** Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/enchentes-deslizamentos-terra-no-brasil-principais-causas.htm>. Acesso em 06/10/ 2020.

TUCCI, C.E.M. (2008) **Águas urbanas. Estudos Avançados,** v. 22, n. 63, p. 97-112

VIRGILLIS, Afonso Luís Corrêa de. **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias.** 2009. 191 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

WINCK, Allan Daniel. **Análise de revestimento poroso.** Sinop, 2017