

# ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A PERMEABILIDADE E AS CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO PERMEÁVEL

## RESUMO

O avanço industrial e social geram impactos ambientais sendo essencial a busca por meios sustentáveis. Este artigo teve por finalidade a utilização do asfalto permeável como objetivo de avaliar por ensaios mecânicos e hidráulicos três modelos de revestimento asfáltico de pavimentos permeáveis, em comparação com um pavimento convencional. Para a realização dos ensaios foram moldados corpos de prova submetidos aos ensaios de desgaste por abrasão (DNER-ME 383/1999), resistência a tração por compressão diametral (DNER-ME 138/1994) e permeabilidade (NLT-327/00). Os resultados obtidos mostram que a quantidade de vazios é diretamente proporcional à permeabilidade e ao desgaste por abrasão, e inversamente proporcional a resistência à tração por compressão diametral. Assim, tem-se que quanto maior o índice de vazios maior a permeabilidade do material e devido à elevada porcentagem de vazios os valores de resistência à tração diminuíram e o desgaste por abrasão aumentou. Dentre os modelos a "Faixa III" atendeu as normativas aplicadas sendo recomendada para tráfego leve, a fim de garantir conforto e segurança aos usuários, resultando em uma redução de impacto ambiental.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Pavimento permeável. Ensaios hidráulicos. Revestimento Asfáltico. Faixas granulométricas.

## ANALYSIS OF RELATIONSHIP BETWEEN PERMEABILIDADE AND MECHANICAL FINISHING ASPHALT PERMEABLE FEATURES

## ABSTRACT

The industrial and social advances generate environmental impacts, being essential the search for sustainable means. The purpose of this article was to use permeable asphalt with the objective of evaluating by mechanical and hydraulic tests three models of asphalt pavement of permeable pavements, in comparison to a conventional pavement. For the accomplishment of the tests were molded test specimens submitted to abrasion wear tests (DNER-ME 383/1999), tensile strength by diametrical compression (DNER-ME 138/1994) and permeability (NLT-327/00) were molded. The results show that the amount of voids is directly proportional to the permeability and the wear by abrasion, and inversely proportional to the tensile strength by diametrical compression. Thus, the higher the void index the greater the permeability of the material and due to the high percentage of voids the tensile strength values decreased and abrasion wear increased. Among the models, "Band III" met the

**Lilian Keylla Berto**  
Centro Universitário de Maringá  
lilianberto\_engenharia@hotmail.com

**Renan Godoi**  
Centro Universitário de Maringá  
rnngodoi@gmail.com

**Lídia Pereira Amaro**  
Centro Universitário de Maringá  
lidia\_amaro@hotmail.com

**Marla Corso**  
Centro Universitário de Maringá  
marlacorso@hotmail.com

**Judson Ricardo Ribeiro**  
Centro Universitário de Maringá  
judson@unicesumar.edu.br

**Luciana Cristina Soto Herek Rezende**  
Centro Universitário de Maringá  
luciana.rezende@unicesumar.edu.br

standards applied being recommended for light traffic, in order to guarantee comfort and safety to users, resulting in a reduction of environmental impact.

**Keywords:** Sustainability. Permeable floor. Hydraulic tests. Asphalt Coating. Granulometric bands.

---

Recebido em: 30/07/2018 - Aprovado em: 09/12/2018 - Disponibilizado em: 15/12/2018

---

## 1. INTRODUÇÃO

Em virtude do acelerado crescimento urbano e industrial, uma das necessidades atuais, são os meios de transportes. Um exemplo comum é a malha rodoviária que geralmente utiliza-se de pavimento convencional. Este último é apontado por ser um dos principais causadores de transtorno e desconforto aos usuários, devido sua característica impermeável que permite exceder a capacidade dos sistemas de drenagem, tornando-os incapazes na ocorrência de chuvas intensas, aumentando os riscos de alagamentos e enchentes. O fator agravante são os aumentos de contaminantes e sedimentos no escoamento pluvial que prejudicam a qualidade da água nos córregos e rios. (HU, *et al*, 2018; THIVES, *et al*, 2018).

Por consequência, a forma vigente empregada para o desenvolvimento urbano gera impactos negativos ao meio ambiente, tanto dos veículos que emitem ao ambiente compostos orgânicos voláteis, como também, a falta de maneiras eficientes para combater as poluições, resultando no transporte de poluentes para o solo e água, além de aumentar o desconforto térmico devido ao alto calor liberado pela superfície (HUANG; LIANG, 2017; WU, *et al.*, 2018). Um dos meios sustentáveis é a aplicação do asfalto permeável, visando à manutenção eficiente a fim de beneficiar o meio ambiente e a sociedade através deste sistema (VALEO; GUPTA, 2018).

O pavimento asfáltico permeável tem a função de infiltrar a água proveniente das chuvas através de camadas que constituem o sistema (THIVES, *et al*, 2018). Uma das suas maiores características é a alta porosidade na camada de revestimento. O asfalto poroso é uma mistura com alto teor de vazios, dependendo do tipo de agregado e da quantidade de ligante asfáltico que será utilizado na mistura, o índice de vazios pode chegar a valores superiores a 20% (VALERI, *et al*, 2018).

Para alcançar a permeabilidade desejada, existem fatores que influenciam, como a granulometria dos agregados, a porcentagem de vazios, a natureza do ligante e a espessura do revestimento. Podem também ser acrescentados ao concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) aditivos ou resíduos como uso de cinzas de carvão, materiais fibrosos, entre outros (KOLODZIEJ, 2016; RAD; MODARRES, 2017). Convencionalmente, para a produção de um asfalto permeável, utiliza-se uma granulometria aceitável pela norma DNIT 031/2006, sendo obtidas através de faixas ligadas diretamente a porcentagem de ligantes.

Para que seja viável a utilização do asfalto permeável é necessário que o mesmo atenda parâmetros de resistência à tração e ao desgaste, como também deve ser analisado o comportamento da permeabilidade, a fim de ser eficiente, mantendo o controle de qualidade exigido por norma. Outra característica

primordial a ser levada em consideração é a porcentagem de vazios determinadas em relação ao volume do asfalto (FERREIRA, 2015).

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo a avaliação mecânica e hidráulica de um pavimento asfáltico utilizando diferentes granulometrias de agregados, visando desta forma soluções quanto à necessidade de otimizar o escoamento da água em sistemas de drenagem.

## 2. MÉTODOS

### 2.1 Preparação da Mistura

Os agregados graúdos utilizados são de origem mineral e provindos da britagem de rochas basálticas. Foram coletadas as amostras e elaboradas quatro faixas granulométricas diferentes com variação do diâmetro dos agregados. Para realização da separação granulométrica os agregados foram submetidos ao conjunto de peneiras com agitação mecânica, conforme a norma DNER-ME 080/1994. O ligante utilizado para a realização dos ensaios com o revestimento de material asfáltico o CAP 50/70 fornecido pela empresa de pavimentação Conterpavi Construções LTDA, situada em Maringá, PR.

### 2.2 Produção dos Corpos de Prova

Foram moldados quarenta e oito corpos de prova para determinação de índice de vazios, permeabilidade, resistência à tração e ao desgaste, sendo doze para cada faixa granulométrica. Foram determinadas quatro

faixas granulométricas. Na qual a “Faixa C”, conforme DNER-ES 031/2006 e a “Faixa III”, Camada Porosa de Atrito - CPA, de acordo com DNER-ES 389/1998 foram dotadas de um pavimento convencional, o concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ). Os demais seguiram o modelo de revestimento alfáltico permeável, conforme a revisão literária considerando as especificações. Dessa forma a “Faixa Ref.1”, em conformidade com os estudos de Azzout *et al* (1994) e a “Faixa Ref. 2” adota segundo estudos de Acioli (2005).

O teor do ligante é de 5,0 % para a “Faixa C”. As demais faixas granulométricas com o teor de ligante de 4,6 %.

Para a moldagem dos corpos de prova os agregados e o ligante foram aquecidos em estufa separadamente à temperatura entre 105 °C a 110 °C. Em seguida os recipientes utilizados foram conduzidos a uma estufa para aquecer a uma temperatura de 150 °C. Ato contínuo passou-se com a mistura dos agregados e o ligante em cada recipiente de acordo com suas proporções até a cobertura completa dos agregados.

A mistura foi adicionada ao molde, e sobre ela foi colocado um filtro para se proceder à compactação das amostras com auxílio de um soquete foram aplicados 75 (setenta e cinco) golpes na face inferior e superior da mistura, para se modelar o corpo de prova da “Faixa C”. Para a CPA “Faixa III”, “Faixa Ref. 1” e “Faixa Ref. 2” foram 50 (cinquenta) golpes, conforme especificação da norma DNER-ES 386, visto que a energia de compactação afeta na porcentagem de vazios da amostra.

Os corpos de prova não foram submetidos ao ensaio de estabilidade e fluência (procedimento padrão da norma DNER-ME 043)

visto que não há especificações de valores destes ensaios, tanto para a CPA quanto para as outras misturas com elevada porcentagem de vazios.

### 2.3 Determinação do volume de vazios

O material foi pesado em duas condições: ao ar livre e imerso em água (com o auxílio de uma balança hidrostática). Após a imersão, o corpo de prova foi colocado em uma estufa para secar com finalidade de determinar o peso seco. O volume foi definido através da diferença entre o peso seco e o peso imerso. Com o volume conhecido determina-se a densidade aparente através da multiplicação direta do peso ao ar livre e o volume.

O material foi aquecido em estufa a 150° C, por uma hora. Após a retirada da estufa o material foi destorroado, obtendo-se a mesma mistura que se tinha antes da compactação. A mistura foi adicionada ao frasco e então adicionou água até que toda a mistura foi completamente coberta. O frasco por sua vez foi submetido a uma mesa agitadora onde foi aplicada uma pressão no vácuo por 15 minutos. O conjunto foi imerso em um banho térmico e posteriormente pesado.

A densidade máxima teórica é determinada pela equação 01:

$$D_{mt} = \frac{p_m}{p_m + p_f - p_{fm}}$$

Eq. 01

Onde:

**D<sub>mt</sub>** = Densidade máxima teórica

**P<sub>m</sub>** = peso da mistura;

**P<sub>f</sub>** = peso do frasco sem a mistura;

**P<sub>fm</sub>** = peso do frasco com a mistura.

Por fim, definiu-se a porcentagem de vazios através da relação entre a diferença da

densidade máxima teórica com a densidade aparente e a densidade máxima teórica.

### 2.4 Desgaste por Abrasão

O ensaio de abrasão ou ensaio de cantabro foi de acordo com a norma DNER-ME 383/99 onde após moldado os corpos de prova estes foram levados a um aparelho denominado máquina Los Angeles para obter o desgaste.

O material foi pesado e anotado o seu peso. Logo após o corpo de prova foi colocado no tambor de ensaio sem adicionar as cargas abrasivas que compõem o aparelho. Após ligar a máquina o corpo de prova foi submetido a uma velocidade periférica uniforme em torno de 30 a 33 rpm, até o tambor completar 300 rotações. Por fim retira-se o material do tambor e anota-se o seu peso.

Determinou-se a porcentagem do desgaste, sendo a relação da diferença do peso total (final e inicial) e o peso total da amostra inicial.

### 2.5 Resistência à Tração por Compressão Diametral

A resistência à tração por compressão diametral sucedeu-se de acordo com a norma DNER-ME 138/94. Iniciou-se com a coleta de informações como diâmetro médio das amostras. Em seguida, a execução do ensaio as amostras estavam em temperatura de 45 °C. Foi utilizada uma prensa mecânica com o mesmo equipamento do ensaio Marshall, mas com frisos metálicos que impõem as cargas de tração.

As amostras foram colocadas sobre o prato inferior da prensa e então foram ajustados

os pratos da prensa até uma leve compressão capaz de manter em posição o corpo de prova. Por fim a carga foi aplicada até a ruptura do corpo de prova. Com os valores de carga de ruptura obtidos, a resistência à tração por compressão diametral é calculada através da equação 02:

$$Tr = \frac{2F}{100\pi D H} \text{Eq. 02}$$

Onde:

**Tr** = Tensão de ruptura (MPa);

**F** = Força de ruptura (MPa);

**D** = Diâmetro da amostra (cm);

**H** = Altura da amostra (cm).

## 2.6 Permeabilidade

O ensaio de permeabilidade foi realizado conforme o estudo realizado por Nascimento (2012), utilizando como referência a norma espanhola NLT-327/00, no qual foi desenvolvido um permeômetro de carga constante para ensaios em laboratórios.

O instrumento de realização do ensaio consiste em um equipamento de carga constante, sendo um tubo de PVC com altura de 60 cm. Este tubo possui um dreno a 50 cm de altura (altura da coluna d'água para cálculos) para a água manter o nível da coluna. Sob o tubo fica o corpo de prova revestido com uma manta de borracha para que a água não escoe pela parede lateral do corpo de prova. O ensaio foi realizado a uma temperatura ambiente de 25° C. A coluna d'água foi mantida durante 10 (dez) min. Em seguida foi inserido um recipiente, de peso conhecido, abaixo do equipamento para coletar a quantidade de água que passa pelo corpo de prova durante um minuto.

O recipiente foi pesado e então calculado a vazão pela equação 03:

$$Q = \left( \frac{m_2 - m_1}{t} \right) \times 10^{-6}$$

Eq. 03

Onde:

**Q** = Vazão (m<sup>3</sup>/s)

**m<sub>2</sub>** = massa do recipiente com líquido após o ensaio (g)

**m<sub>1</sub>** = massa do recipiente antes do ensaio (g)

**t** = tempo de aplicação do ensaio (s)

Após conhecido a vazão o coeficiente de permeabilidade é calculado pela equação 04:

$$K = \frac{QL}{AH}$$

Eq. 04

Onde:

**K** = Coeficiente de permeabilidade (m/s);

**Q** = vazão de entrada (m<sup>3</sup>/s);

**L** = altura do corpo de prova (m);

**A** = área da seção transversal do corpo de prova (m<sup>2</sup>)

**H** = Altura da coluna d'água correspondente à pressão utilizada (cm).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises granulométricas são dispostas em variação do diâmetro dos agregados. O resultado da disposição de peneiras, segundo a norma DNER-ME 080/1994 é expressa em porcentagem na Tabela 1, que revela a quantidade em percentual dos agregados que estão retidos, acumulados e passando em cada peneira. Esse ensaio foi realizado para faixas granulométricas, sendo elas: "Faixa C", "Faixa III", "Faixa Ref.1" e "Faixa Ref.2".

**Tabela 1** –Análises granulométricas segundo os itens 7.5; 7.6 e 7.7 da norma DNER-ME 080/1994

7.5 - % AMOSTRA TOTAL SECA RETIDA EM CADA PENEIRA; 7.6 - % MATERIAL ACUMULADO SECO EM CADA PENEIRA; 7.7 - % MATERIAL SECO PASSANDO EM CADA PENEIRA											
PENEIRAS		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200
"FAIXA C"	7.5	0,00%	0,00%	0,00%	12,35%	7,81%	20,09%	17,75%	18,11%	9,98%	7,51%
	7.6	0,00%	0,00%	0,00%	12,35%	20,16%	40,25%	58,00%	76,11%	86,09%	93,60%
	7.7	100,00%	100,00%	100,00%	87,65%	79,84%	59,75%	42,00%	23,89%	13,91%	6,40%
"FAIXA III"	7.5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	13,32%	39,88%	30,76%	7,71%	0,00%	3,07%
	7.6	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	13,32%	53,20%	83,96%	91,67%	91,67%	94,74%
	7.7	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	86,68%	46,80%	16,04%	8,33%	8,33%	5,26%
"FAIXA REF. 1"	7.5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	8,88%	53,04%	25,55%	5,13%	0,00%	3,55%
	7.6	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	8,88%	61,92%	87,47%	92,60%	92,60%	96,15%
	7.7	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	91,12%	38,07%	12,52%	7,40%	7,40%	3,85%
"FAIXA REF.2"	7.5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	22,85%	59,00%	12,26%	0,00%	0,00%
	7.6	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	22,85%	81,85%	94,11%	94,11%	94,11%
	7.7	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	77,15%	18,15%	5,89%	5,89%	5,89%

Fonte: Autores.

A partir dos resultados das análises granulométricas foi possível identificar a influência dos diâmetros dos agregados no revestimento asfáltico. Mecanicamente, para um tráfego mais pesado e intenso, maior será o tamanho do agregado. E para um pavimento mais rígido, menor será este tamanho do agregado. O objetivo alcançado foi que as faixas apresentaram distribuição granulométrica contínua, ou seja, agregados de graduação densa ou bem-graduada.

O índice de vazios, a permeabilidade, a resistência à tração e ao desgaste por abrasão foram os demais ensaios, sendo que cada teste utilizou três corpos de provas e a média dos resultados está contida na Figura 1.

Houve variações de permeabilidade nos corpos de provas consideráveis. Os três corpos de prova da "Faixa Ref. 2" mostraram valores (2,00 mm/s; 1,95 mm/s e 1,93 mm/s) bem próximos os encontrados por Nascimento (2012). Outras duas faixas contendo material asfáltico permeável são a "Faixa III" que mostrou os corpos de provas

com valores destacáveis (1,05 mm/s; 1,02 mm/s; 0,987 mm/s) que ficaram bem próximos aos valores obtidos por Silva (2005) que eram de 1,05 mm/s. A "Faixa Ref. 1" apresentou os três corpos de provas com desempenho satisfatórios de permeabilidade ( $1,66 \times 10^{-3}$  mm/s;  $1,63 \times 10^{-3}$  mm/s e  $1,60 \times 10^{-3}$  mm/s). A "Faixa C" não pode ser considerada permeável, devido seu baixo desempenho hidráulico, os resultados foram de 0,208 mm/s; 0,204 mm/s e 0,209 mm/s. A norma europeia EN 12697-19 (2004) estabelece valores de permeabilidade. Segundo esta norma são considerados revestimentos permeáveis aqueles que atingirem a permeabilidade entre 0,5 mm/s a 3,5 mm/s.

A resistência por desgaste por abrasão apresentou bons resultados na "Faixa C", "Faixa III" e "Faixa Ref. 2". Visto que o desgaste máximo deveria ser de 25%, segundo DNER-ES 386/1999, de acordo com os resultados apresentados na Figura 1, o material da "Faixa Ref. 1" ultrapassou o limite da norma.

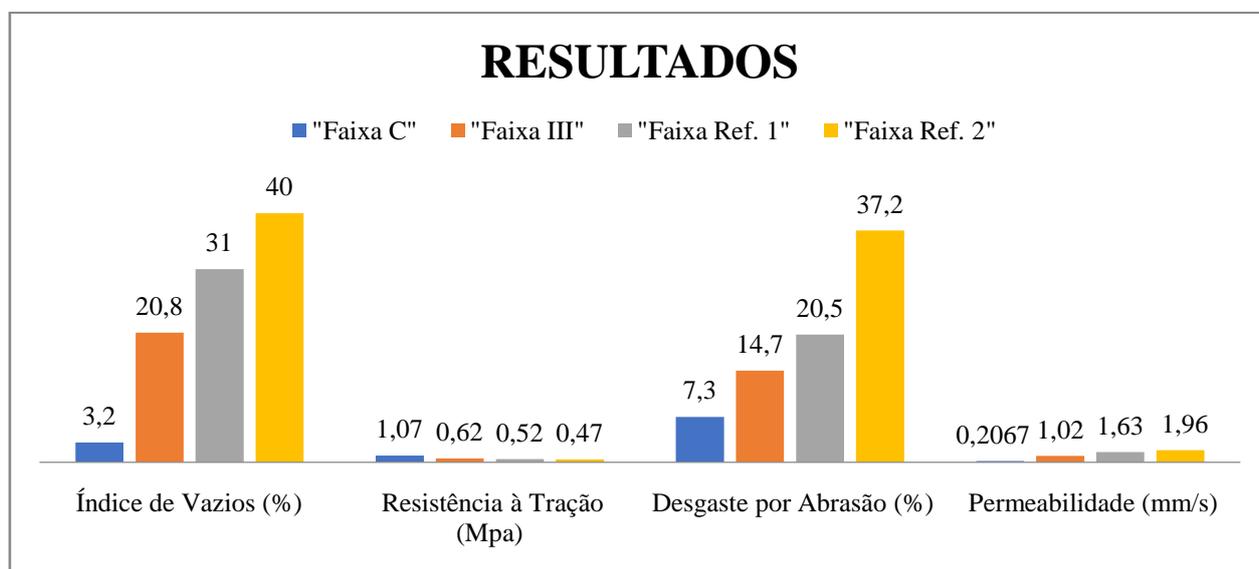
A resistência à tração mínima especificada pela norma DNER-ES 386/1999 é de 0,55 MPa. Por este motivo, os resultados mostrados no Gráfico 1, comprovam que os materiais da “Faixa Ref.1” e “Faixa Ref.2” não atingiram o mínimo de resistência especificado na norma.

Pode-se observar que o material para ser considerado permeável, é fundamental possuir um índice de vazios maior que 10%. É o que explica o baixo desempenho drenante na “Faixa C”. Esta informação nos mostra que quanto

maior a porcentagens de vazios do material maior será a permeabilidade. Em valores aproximados, uma comparação de material com 20% de vazios e outro com 40%, esse ultimo apresenta permeabilidade duas vezes maior em relação ao material com índice de vazios de 20%.

Vale ressaltar que os resultados de resistência à tração por compressão diametral diminuíram conforme o aumento da permeabilidade e quanto maior a porcentagem de vazios maior será o desgaste do material.

**Figura 1** – Média dos ensaios de índice de vazios, resistência à tração, desgaste por abrasão e permeabilidade



Fonte: Autores.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que a permeabilidade é um parâmetro em função do volume de vazios, ou seja, quanto maior volume de vazios maior a permeabilidade do revestimento, logo, devido ao elevado volume de vazios menor será a resistência à tração por compressão diametral e maior será o desgaste por

abrasão, parâmetros estes comparados a um pavimento convencional.

Os resultados obtidos para o parâmetro permeabilidade foram bons, com exceção a “Faixa C”, sendo a redução de vazios o fator que mais influenciou este resultado insatisfatório. Isso ocorreu devido a sua compactação ter sido a maior em relação aos demais revestimentos. A DNER-ME 43/95, diz que a compactação de 75 golpes aplicada na “Faixa C”, resulta em um revestimento que suporta um esforço de pressão de pneu até duas vezes mais em comparação a

uma compactação de 50 golpes. Embora a “Faixa C” apresentou o melhor desempenho mecânico, porém o seu desempenho hidráulico foi insatisfatório e não pode ser considerado revestimento permeável.

A “Faixa Ref. 1” apresentou o pior resultado mecânico, pois o mínimo de resistência à tração e o máximo ao desgaste por abrasão especificado na norma não foram atingidos. A “Faixa Ref. 2” não teve resultados satisfatórios de resistência à tração. A “Faixa III” foi o melhor resultado tanto mecanicamente quanto de permeabilidade, podendo ser aplicável como revestimento asfáltico em estacionamentos e tráfegos leves, reduzindo significativamente os transtornos causados por alagamentos, aquaplanagem, enchentes, contaminação dos solos e outros.

Assim, torna-se essencial os estudos das propriedades físicas, químicas e mecânicas dos pavimentos para atender as normas, a sustentabilidade, o conforto, a segurança e manter um padrão de qualidade do tráfego para os usuários.

## REFERÊNCIAS

ACIOLI, Laura Albuquerque. Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle de escoamento superficial na fonte. 2005. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

AZZOUT, Yolande; BARRAUD, Sylvie; CRES, François Noël; ALFAKIH, Elham. **Técnicas alternativas en asseinsissement pluvial**. Choix, conception, réalisation et entretien. Ed. Tec et Doc. Paris: Lavoisier, 1994. 372 p.

CEDEX. **NLT - 327**. Permeabilidade in situ de pavimentos drenantes com el permeámetro LCS. CEDEX, 2000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER – ES 386**: Pré-misturado a quente: camada porosa de atrito. Rio de Janeiro: DNER, 1999. 15 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER – ES 389/99**: Pavimentação – micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero. Rio de Janeiro: DNER, 1999. 11p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER – ME 043**: Misturas betuminosas a quente – Ensaio Marshall. Rio de Janeiro: DNER, 1995. 11 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER – ME 138/94**: Misturas betuminosas – determinação da resistência a tração por compressão diametral – método de ensaio. Rio de Janeiro: DNER, 1994. 16p.

DNER. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 080/94**: Solos – análise granulométrica por peneiramento. Rio de Janeiro: DNER, 1994. 4p.

DNER. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 383/99**: Desgaste por abrasão de misturas betuminosas com asfalto polímero – ensaio Cantabro. Rio de Janeiro: DNER, 1999. 2p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **IPR DNIT-ES 031**: Pavimentos flexíveis – concreto asfáltico – especificação de serviço. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

EN 12697-19 (2004). **Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt – Part 19: Permeability of specimen or Marshall specimens**. CEN, Brussels.

FERREIRA, Wellington Lorrain Gaia. **Análise do fluxo d’água em revestimentos asfálticos com diferentes permeabilidades**. 2015. 132f. Dissertação (mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará – Fortaleza, CE, 2015.

HU, Maochuan; ZHANG Xingqi; SIU Yim Ling; LI Yu; TANAKA Kenji; YANG Hong; XU, Youpeng. Flood mitigation by permeable pavements in chinese sponge city construction.

**Journal Water**, [s.l.], v. 172, 12 pages, Fev. 2018. MDPI. <https://doi.org/10.3390/w10020172>

HUANG, Shengyi; LIANG, Chenju. A conceptual study on the formulation of a permeable reactive pavement with activated carbon additives for controlling the fate of non-point source environmental organic contaminants. **Chemosphere**. [s.l.], v. 193, pages 438-446, 2018. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.11.028>

KOŁODZIEJ, Vanesa María. **Estudo das propriedades acústicas, drenantes e mecânicas de revestimentos asfálticos porosos**. 2016. 184f. Dissertação (mestrado em Engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, SC, 2016.

NASCIMENTO, Cátia Cristiana Carmona do. **Avaliação da permeabilidade de misturas betuminosas drenantes em laboratório e “in situ”**. Dissertação de mestrado, FEUP, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.

RAD, Seyed Alireza Mohammadi; MODARRES, Amir. Durability properties of non-air entrained roller compacted concrete pavement containing coal waste ash in presence of de-icing salts. **Cold Regions Science and Technology**, [s.l.], v. 137, pages 48–59, Fev. 2017. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.coldregions.2017.02.006>

SILVA, Carlos Eduardo Del Ben Dias da. **Estudo da permeabilidade de misturas asfálticas de graduação aberta**. Dissertação de mestrado, UNICAMP, Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2005.

THIVES, Liseane Padilha; GHISI, Enedir; BRECHT, Douglas Gherardt; PIRES, Dario Menegasso. Filtering capability of porous asphalt pavements. **Journal Water**, [s.l.], v. 206, 17 pages, Fev. 2018. MDPI. <https://doi.org/10.3390/w10020206>

VALEO, Caterina; GUPTA, Rishi. Determining surface infiltration rate of permeable pavements with digital imaging. **Journal Water**, [s.l.], v. 133, 22 pages, Jan. 2018. MDPI. <https://doi.org/10.3390/w10020133>

VALERI, Valerio C. Andrés; TORRES, Javier Rodriguez; PEREZ, Miguel A. Calzada; HERNANDEZ, Jorge Rodriguez. Exploratory study of porous asphalt mixtures with additions of reclaimed tetra pak material. **Construction and Building Materials**, [s.l.], v. 160, pages 233–239, 2018. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.067>

WU, Hao; SUN Beibei, LI Zhe; YU, Jia. Characterizing thermal behaviors of various pavement materials and their thermal impacts on ambient environment. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 172, pages 1358-1367, 2018. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.182>

---

**Lilian Keylla Berto**

Acadêmica de Engenharia Civil do Centro Universitário de Maringá – Unicesumar. Bolsista PROBIC/UniCesumar.

---

---

**Renan Godoi**

Engenheiro Civil, formado no Centro Universitário de Maringá – Unicesumar.

---

---

**Lídia Pereira Amaro**

Acadêmica de Engenharia Civil do Centro Universitário de Maringá – Unicesumar. Bolsista PROBIC/UniCesumar.

---

---

**Marla Corso**

Acadêmica de Mestrado em Tecnologias Limpas do Centro Universitário de Maringá - UNICESUMAR.

---

---

**Judson Ricardo Ribeiro**

Engenheiro Civil. Mestre em Engenharia de Materiais. Coordenador e professor no Centro Universitário de Maringá – Unicesumar.

---

---

**Luciana Cristina Soto Herek Rezende**

PhD, Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI, Unicesumar.

---