

Pavimentação - Misturas asfálticas - Determinação do dano por umidade induzida – Método de ensaio

Autor: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

Processo: 50607.001247/2017-49

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na Reunião de / / .

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

Palavras-chave:

Mistura asfáltica, dano por umidade induzida, Lottman

Total de páginas

9

Resumo

Este documento estabelece os procedimentos para determinar o efeito da presença da água na resistência à tração por compressão diametral de misturas asfálticas, por comparação entre corpos de prova virgens e corpos de prova submetidos a procedimentos de condicionamento próprios. Este indicador é associado a uma avaliação da adesividade do agregado-ligante.

Abstract

This document establishes the procedures to determine the effect of the presence of water on the indirect compression tensile strength of asphalt mixtures, by comparing virgin test specimens with test specimens submitted to their own conditioning procedures. This indicator is associated with an evaluation of aggregate-binder adhesivity.

Sumário

Prefácio	1
1 Objetivo.....	1
2 Referências normativas	2
3 Definições.....	2
4 Aparelhagem e Materiais.....	2
5 Amostra	3
6 Ensaio.....	3
7 Resultado.....	4

8 Relatório	5
Anexo A (Informativo).....	6
Anexo B (Informativo) - Bibliografia.....	8
Índice geral.....	9

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DPP, para servir como documento base, visando estabelecer os procedimentos para a determinação do dano por umidade induzida. Sua criação teve origem no desenvolvimento do objeto do Termo de Execução Descentralizada-TED nº 682/2014 firmado com a COPPE/UFRJ, para elaboração de método mecanístico-empírico de dimensionamento de pavimento asfáltico. Está formatada de acordo com a norma DNIT 001/2009-PRO.

1 Objetivo

Esta Norma prescreve um procedimento de verificação da sensibilidade à água de corpos de prova de misturas asfálticas, moldados em laboratório, avaliando-se a adesividade agregado-ligante e a coesão da mistura em condições resultantes de saturação e de condicionamento acelerado em presença de água. O comprometimento das propriedades mecânicas da mistura asfáltica é denominado dano por umidade induzida e refere-se à relação entre a resistência à tração das amostras condi-

cionadas e a resistência à tração das amostras em condições normais.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

- a) DNIT 136 – ME: Pavimentação asfáltica – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- b) NBR 15.573 – Misturas asfálticas - Determinação da massa específica aparente de corpos de prova.
- c) NBR 15.619 – Pavimentação asfáltica - Misturas asfálticas - Determinação da densidade máxima teórica e da massa específica máxima teórica em amostras não compactadas.

3 Definições

Para os fins desta norma aplicam-se as definições a seguir:

3.1 Dano por umidade induzida

Medida indireta da adesividade e coesão do par agregado – ligante asfáltico, por ação da água, e do seu efeito na resistência à tração indireta da mistura asfáltica por comparação entre duas condições de preparação e condicionamento de dois conjuntos de corpos de prova.

3.2 Resistência à tração indireta

Medida da resistência a tração gerada em um corpo de prova cilíndrico de mistura asfáltica por meio do ensaio de compressão diametral com carregamento estático crescente até a ruptura.

3.3 Condicionamento

Procedimentos de saturação e térmico de preparação dos corpos de prova para simular o efeito da umidade.

4 Aparelhagem e Material

A aparelhagem e os materiais necessários para o ensaio são os seguintes:

- a) Conjunto de equipamentos para preparo e compactação de corpos de prova cilíndricos regulares, com altura de 50 mm a 70 mm e diâmetro de 100 mm \pm 2 mm;
- b) Prensa mecânica, com capacidade de no mínimo 50,0 kN, sensibilidade inferior ou igual a 20,0 N e com êmbolo movimentando-se a uma velocidade de 0,8 \pm 0,1 mm/s, de acordo com a DNIT 136/2017;
- c) Sistema capaz de manter a temperatura constante (com variação máxima de \pm 1 °C) de um banho de água na faixa entre 25,0 e 60,0 °C e capacidade de conter, no mínimo, três corpos de provas por ensaio;
- d) Sistema de refrigeração capaz de conter no mínimo três corpos de provas e manter a temperatura do ar em -18,0 \pm 3,0 °C;
- e) Câmara, ou ambiente laboratorial, que comporte a prensa e pelo menos três corpos de prova, capaz de manter a temperatura constante do ar em 25,0 °C, com variação máxima de \pm 0,5 °C;
- f) Bomba de vácuo, com capacidade de, no mínimo, 13 kPa (97 mm Hg) e, no máximo, 67 kPa (502,5 mm Hg);
- g) Dessecador, com base elevada e perfurada, capaz de armazenar até três corpos de prova completamente submersos, com tampa de fechamento hermético e entrada de sistema de aplicação de vácuo realizado por meio de bomba (Figuras no Anexo A);
- h) Dispositivo centralizador de posicionamento do corpo de prova munido de dois frisos metálicos (Figuras no Anexo A);
- i) Paquímetro, com precisão de 0,1 mm;
- j) Termômetro, capaz de medir a faixa de temperatura de 25,0 a 60,0 °C, com precisão de 0,5 °C;
- k) Balança, com capacidade mínima de 2.000 g e precisão de 0,1 g;
- l) Relógio;
- m) Proveta graduada, ou recipiente, com capacidade de 10 ml, com precisão de 1 ml;
- n) Filme plástico parafinado, para revestimento dos corpos de prova;

o) Saco plástico impermeável, capaz de conter um corpo de prova;

p) Água destilada ou potável.

5 Amostra

a) A amostra para execução do ensaio deve ser constituída de seis corpos de prova similares da mistura asfáltica em teste, subdivididos em dois conjuntos de três corpos de prova.

b) Os corpos de prova devem ter uma porcentagem de vazios com ar de $7\% \pm 1\%$. Essa porcentagem de vazios deve ser obtida experimentalmente, alterando-se a energia de compactação, a altura ou a massa do corpo de prova em relação ao projeto original e mantendo-se o teor de ligante asfáltico do projeto de dosagem.

6 Ensaio

6.1 Porcentagem de vazios com ar dos corpos de prova

Inicia-se o ensaio com o cálculo da porcentagem de vazios com ar (V_{ar}) de cada um dos seis corpos de prova confeccionados, verificando se essa porcentagem está no intervalo de $7\% \pm 1\%$. Para calcular a porcentagem de vazios com ar emprega-se a Equação 1:

$$V_{ar} = 100 \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \right) \quad (1)$$

Onde:

V_{ar} é o volume de vazios com ar, expresso em porcentagem (%);

G_{mm} é a massa específica máxima medida a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, determinada conforme a norma NBR 15619:2016;

G_{mb} é a massa específica aparente do corpo de prova a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, segundo a norma NBR 15573:2012.

6.2 Massa do corpo de prova seco ao ar

Determinar a massa do corpo de prova seco ao ar e designar essa medida como A, utilizando a norma NBR 15573:2012.

6.3 Dimensões dos corpos de prova

Deve-se efetuar as seguintes medições:

a) Altura: medir a altura dos corpos de prova com paquímetro, com precisão de 0,1 mm. A altura deve ser determinada a partir da média de 4 medidas ao longo do perímetro do corpo de prova, espaçadas em 90° ;

b) Diâmetro: medir o diâmetro dos corpos de prova com paquímetro e precisão de 0,1 mm, considerando a média de 4 medidas, sendo duas ortogonais em cada face (superior e inferior) do corpo de prova.

6.4 Volume de vazios de ar dos corpos de prova

Para o primeiro conjunto de três corpos de prova, deve-se calcular o volume de vazios de ar, em centímetros cúbicos, pela Equação 2:

$$V_a = \frac{V_{ar} E}{100} \quad (2)$$

Onde:

V_a é o volume de vazios com ar, expresso em centímetros cúbicos (cm^3);

V_{ar} é o volume de vazios com ar, expresso em porcentagem (%);

E é o volume do corpo de prova, expresso em centímetros cúbicos (cm^3).

6.5 Condicionamento dos três corpos de prova do primeiro conjunto

O primeiro conjunto de três corpos de prova deve ser submetido ao condicionamento descrito a seguir:

a) Submergir cada corpo de prova do conjunto dentro do recipiente com água destilada descrito na alínea g da seção 4, desta norma;

b) Aplicar vácuo na faixa de 13 kPa (97 mm Hg) a 67 kPa (502,5 mm Hg) de pressão absoluta (aumentando gradativamente) por 5 a 10 minutos;

c) Interromper a aplicação de vácuo, deixando o corpo de prova dentro do recipiente com água por mais 5 a 10 minutos;

d) Retirar o corpo de prova da água e eliminar o excesso de água superficial, utilizando um pano umedecido. Em seguida, determinar sua massa (B).

e) Calcular o volume de água absorvido (J) pelos vazios com ar pela Equação 3:

$$J = \frac{(B - A)}{0,99707} \quad (3)$$

Onde:

J é o volume de água absorvido, expresso em centímetro cúbico (cm³);

A é a massa do corpo de prova seca ao ar, expressa em gramas (g).

Nota: A constante 0,99707 refere-se à massa específica da água a 25°C, expressa em gramas por centímetro cúbico (g/cm³).

f) Calcular o grau de saturação (S), expresso em porcentagem e obtido pela Equação 4:

$$S = \frac{100.J}{V_a} \quad (4)$$

Onde:

S é o grau de saturação, expresso em porcentagem (%).

- Caso 55 % < S < 80 %, seguir o procedimento de condicionamento do corpo de prova;
- Caso de S < 55 %, o corpo de prova deve ser submerso novamente em água e deve-se repetir o procedimento descrito nas alíneas a até f desta subseção 6.5, aumentando-se a pressão de vácuo aplicada inicialmente ou aumentando o tempo de permanência sob vácuo;
- Caso S > 80 %, o corpo de prova deve ser descartado.

g) Após a saturação, o corpo de prova deve ser embalado em filme plástico e colocado dentro de um saco plástico impermeável com 10 ml de água. O saco plástico deve ser então lacrado, para não permitir entrada ou saída de água. O saco plástico, contendo o corpo de prova e a água, deve ser levado ao sistema de resfriamento numa temperatura de -18,0 ± 3,0 °C, por um tempo de no mínimo 16 h. Decorrido o período de resfriamento, deve-se levar o conjunto para um banho de água a 60 °C ± 1 °C. O saco plástico e o filme plástico devem ser removidos, para liberação do corpo de prova ainda dentro do banho, assim que for possível sua retirada sem danificar o corpo de prova, o que leva em média alguns minutos após a submersão do conjunto no banho a 60 °C. Manter, então, o corpo de prova no banho por 24 h ± 1 h.

h) Remover o corpo de prova do banho a 60 °C e levá-lo imediatamente à submersão em um banho de água a 25 °C ± 1 °C, conforme descrito na seção 4, alínea c, por 2 h a 3 h. A temperatura do banho deve atingir o equilíbrio em 15 min, no máximo.

i) Após o condicionamento deve-se determinar a resistência à tração por compressão diametral, de acordo com a norma DNIT 136/2017-ME.

j) Submeter o segundo conjunto de três corpos de prova (sem condicionamento) ao ensaio de resistência à tração por compressão diametral, conforme a norma DNIT 136/2017-ME.

7 Resultados

O dano por umidade induzida é definido como a razão entre a resistência à tração por compressão diametral dos corpos de prova condicionados e não condicionados, denominada razão de resistência a tração retida (RRT) na mistura asfáltica.

A resistência à tração por compressão diametral do primeiro conjunto, que sofreu condicionamento, é a média da resistência à tração obtida para os três corpos de prova. Esta média é expressa pela sigla RTc.

A resistência à tração por compressão diametral do segundo conjunto, que não sofreu condicionamento, é a média da resistência à tração obtida para os três corpos de prova. Esta média é expressa pela sigla RT.

Cada média (RTc e RT) deve obedecer ao critério da norma DNIT 136/2017-ME.

A razão de resistência à tração retida (RRT) é obtida pela Equação 5:

$$RRT = \frac{RT_c}{RT} \times 100\% \quad (5)$$

Em que:

RTc é a média da resistência à tração por compressão diametral de três corpos de prova que sofreram condicionamento, em Mpa;

RT é a média da resistência à tração por compressão diametral de três corpos de prova que não sofreram condicionamento, em MPa.

Se a razão de resistência à tração retida (RRT) estiver abaixo do limite estabelecido em projeto, deve-se realizar novamente os ensaios alterando-se ou substituindo-se alguns componentes da mistura asfáltica ou introduzindo-se agente melhorador de adesividade.

8 Relatório

O Relatório do ensaio deve conter as seguintes informações:

a) Identificação do projeto: obra, local, tipo e teor de ligante, origem dos agregados e faixa granulométrica, presença de aditivos melhoradores de adesividade (tipo

e teor), presença de cal (tipo e teor) e aditivo de mistura morna (tipo e teor);

b) Identificação do operador do ensaio;

c) Identificação dos seis corpos de prova, incluindo volume de vazios, data de fabricação e data de ensaio;

d) Resultados dos ensaios individuais de resistência à tração e média dos três corpos de prova condicionados e dos três que não sofreram condicionamento;

e) Valor da resistência à tração retida;

f) Quaisquer outras informações de interesse particular do projeto.

_____/Anexo A

Anexo A (Informativo)

Exemplos de dessecadores com entrada de sistema de aplicação de vácuo (Bernucci *et al* 2010) e passos do ensaio



Dispositivo centralizador de posicionamento do corpo de prova



_____ /Anexo B

Anexo B (Informativo) - Bibliografia

- a) AMERICAN ASSOCIATION OF STATE AND HIGHWAY TRANSPORTATION OFFICIALS. *T283-14*: Standard method of test for resistance of compacted asphalt mixture to moisture-individual damage. Washington, D.C., 2014.
- b) AMERICAN SOCIETY OF TEST MATERIALS. *D4867/D4867M-04*: Standard test method for effect of moisture on asphalt concrete paving mixtures. West Conshohocken, 2014.
- c) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15087*: Misturas asfálticas - Determinação da resistência à tração por compressão diametral. Rio de Janeiro, 2012
- d) BERNUCCI, L. B. et al. *Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros*. 3. reimpr. Rio de Janeiro: PETROBRAS; ABEDA, 2010.
- e) MEDINA, J.; MOTTA, L. M. G. *Mecânica dos pavimentos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2015.

_____ /Índice geral

Índice geral

Abstract	1	Massa do corpo de prova seco ao ar	6.2	3
Amostra	5	Objetivo	1	1
Anexo A (Normativo)	6	Porcentagem de vazios com ar dos corpos de prova	6.1	3
Anexo B (Informativo) - Bibliografia	8	Prefácio		1
Aparelhagem e Material	4	Referências normativas	2	2
Condicionamento	3.3	Relatório	8	5
Condicionamento dos três corpos de prova do primeiro conjunto	6.5	Resistência à tração indireta	3.2	2
Dano por umidade induzida	3.1	Resultados	7	4
Definições	3	Resumo		1
Dimensões dos corpos de prova	6.3	Sumário		1
Ensaio	6	Volume de vazios de ar dos corpos de prova	6.4	3
Índice geral	9			
