



MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA
DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA-GERAL
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E
PESQUISA
INSTITUTO DE PESQUISAS EM
TRANSPORTES
Setor de Autarquias Norte
Quadra 03 Lote A
Ed. Núcleo dos Transportes
Brasília – DF – CEP 70040-902
Tel./fax: (61) 3315-4831

MAIO 2022

NORMA DNIT 428/2022 – ME

Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente de corpos de prova compactados – Método de ensaio

Autor: Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR

Processo: 50600.030679/2019-99

Origem: Revisão da norma DNIT 428/2020 – ME

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 19/04/2022.

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:	Nº total de páginas
Densidade relativa aparente, massa específica aparente, corpos de prova compactados, misturas asfálticas.	14

Resumo

Este documento estabelece a sistemática a ser empregada na determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente de corpos de prova compactados de misturas asfálticas, moldados em laboratório ou extraídos da pista. Este ensaio pode ser aplicado tanto em projetos de dosagem de misturas asfálticas, quanto na avaliação e controle das misturas no campo.

Abstract

This document establishes the systematic to be used in the determination of bulk specific gravity and density of laboratory compacted specimens of asphalt mixtures or samples extracted in-situ. This test can be applied both in dosage projects for asphalt mixtures and in the evaluation and control of these mixtures in-situ.

Sumário

Prefácio.....	1
1 Objetivo.....	1
2 Referências normativas	2
3 Definições	2
4 Aparentagem.....	2
5 Formação da amostra	3

6 Execução do ensaio.....	3
7 Cálculos	7
8 Resultados	8
9 Precisão	8
Anexo A (Informativo) – Precisão.....	10
Anexo B (Informativo) – Fluxograma.....	11
Anexo C (Informativo) – Fotos.....	12
Anexo D (Informativo) – Bibliografia.....	13
Índice geral.....	14

Prefácio

A presente norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR/DPP, para servir como documento base, visando estabelecer a sistemática empregada na determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente de corpos de prova compactados. Está formatada de acordo com a norma DNIT 001/2009 – PRO, cancela e substitui a norma DNIT 428/2020 – ME.

1 Objetivo

Esta norma estabelece a sistemática a ser empregada na determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente de corpos de prova compactados de misturas asfálticas, moldados em laboratório ou extraídos da pista.

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) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 178 – PRO: Pavimentação asfáltica – Preparação de corpos de prova para ensaios mecânicos usando o compactador giratório Superpave ou o Marshall – Procedimento.
- b) _____. DNIT 427 – ME: Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa máxima medida e da massa específica máxima medida em amostras não compactadas – Método de ensaio.
- c) AMERICAN SOCIETY FOR TEST AND MATERIALS. ASTM D5361/D5361M-16 – Standard Practice for Sampling Compacted Asphalt Mixtures for Laboratory Testing.

3 Definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições:

3.1 Vazios

Espaços não preenchidos entre as partículas de agregado recobertas com ligante asfáltico em uma mistura asfáltica compactada (espaços com ar). A porcentagem de vazios é a razão entre o volume de vazios e o volume total do corpo de prova compactado.

3.2 Absorção de água

Refere-se à água absorvida em vazios permeáveis à água e não preenchidos com asfalto, nos poros das partículas e aquela que preenche os vazios não conectados e os vazios interconectados entre as partículas de agregado.

3.3 Densidade relativa aparente do corpo de prova

Razão entre a massa de um corpo de prova e a massa de igual volume de água por ele ocupado, ambas à temperatura de ensaio (adimensional).

3.4 Massa específica aparente do corpo de prova

Razão entre a massa de um corpo de prova e seu volume, expressa em gramas por centímetro cúbico, à temperatura de ensaio.

3.5 Densidade relativa máxima medida

Razão entre a massa da mistura asfáltica não compactada (solta) e a massa de água por ela ocupada, ambas à temperatura de ensaio, medidas em laboratório (densidade Rice).

3.6 Tamanho máximo do agregado

É a menor abertura de peneira da série padronizada através da qual toda a massa de agregado passa, ou seja, não fica retida nenhuma partícula, passam 100 % dos grãos.

3.7 Tamanho nominal máximo (TNM)

É o tamanho de abertura da peneira imediatamente acima daquela que retém mais que 10 % das partículas da amostra do agregado (% acumulado).

4 Aparelhagem

4.1 Balança

Para corpos de prova com aproximadamente 100 mm de diâmetro, balança com capacidade mínima de 2 kg; para corpos de prova com aproximadamente 150 mm de diâmetro, balança com capacidade mínima de 5 kg. As balanças devem apresentar resolução de 0,1 g e ter sistema para pesagem hidrostática.

4.2 Banho de água

Banho com capacidade para abrigar no mínimo três corpos de prova, de modo a garantir uma lâmina de água de no mínimo 25 mm acima deles, capaz de controlar a temperatura em (25 ± 1) °C e de manter constante o nível de água durante a imersão dos corpos de prova.

4.3 Termômetro

Termômetro capaz de medir a temperatura da água do banho da pesagem hidrostática do corpo de prova, entre 20 °C e 30 °C, com resolução de 0,1 °C.

4.4 Estufa

Estufa capaz de manter a temperatura uniforme em (52 ± 3) °C.

4.5 Paquímetro

Paquímetro com resolução de 0,1 mm.

4.6 Cronômetro

Cronômetro ou relógio com leitura em minutos e segundos.

4.7 Filme plástico de PVC

Filme plástico resistente e capaz de envolver o corpo de prova.

4.8 Placas de espuma de poliuretano

Cada placa deve ter espessura aproximada de 12,5 mm e tamanho suficiente para comportar um corpo de prova.

4.9 Cilindro de calibração

Cilindro de alumínio maciço com superfícies lisas e dimensões aproximadas de 100 mm de diâmetro e 60 mm de altura.

5 Formação da amostra

A amostra deve ser constituída por corpos de prova cilíndricos preparados em laboratório ou extraídos do campo por sonda rotativa.

Os corpos de prova devem ser compactados conforme a norma DNIT 178 – PRO, no caso de amostras preparadas em laboratório, e para amostras retiradas do campo, devem ser realizados os procedimentos descritos na norma ASTM D5361/D5361M-16.

A extração do corpo de prova da pista ou do molde de compactação deve ser feita de maneira cuidadosa, evitando danos como empenamento, trincamento e perda de material.

O corpo de prova extraído da pista deve ter faces regulares e estar isento de materiais contaminantes.

Os corpos de prova devem ser armazenados sobre uma de suas faces, em superfície plana, à temperatura ambiente e sem empilhamento.

Recomenda-se que o diâmetro dos corpos de prova seja, pelo menos, igual a quatro vezes o tamanho máximo do agregado e que a espessura dos corpos de prova seja, pelo menos, 1,5 vezes o tamanho máximo do agregado.

6 Execução do ensaio

6.1 Misturas asfálticas com volume de vazios < 10 % e absorção de água pelo corpo de prova \leq 2 % por volume

Para corpos de prova oriundos de misturas asfálticas densas, que apresentarem volume de vazios < 10 % e absorção de água \leq 2 % por volume, devem ser executados os procedimentos descritos na sequência.

6.1.1 Massa do corpo de prova seco

Para corpos de prova preparados em laboratório, completamente secos e livres de solventes, devem ser realizados os procedimentos descritos em 6.1.1.1 e, para corpos de prova extraídos da pista e/ou preparados em laboratório, se contiverem umidade e/ou solventes, devem ser realizados os procedimentos descritos em 6.1.1.2.

6.1.1.1 Corpos de prova preparados em laboratório secos e livres de solventes

Determinar a massa do corpo de prova seco ao ar, após ter permanecido, no mínimo, 2 horas em temperatura de (25 ± 1) °C. Designar esta medida como *A*.

6.1.1.2 Corpos de prova extraídos da pista ou preparados em laboratório se contiverem umidade e/ou solventes

Deve ser utilizado papel absorvente para retirar o excesso de umidade e/ou solventes que estiverem no corpo de prova. O corpo de prova deve permanecer na temperatura de (25 ± 1) °C por pelo menos 48 horas e, após este período, se necessário, poderá ser utilizada ventilação forçada, até que se observe a constância de

massa. Determinar a massa do corpo de prova seco ao ar e designar esta medida como *A*.

NOTA 1: A constância de massa é obtida quando a variação de duas pesagens consecutivas, feitas em intervalos de 15 minutos, for menor que 0,05 %.

NOTA 2: Alternativamente, após a utilização do papel absorvente, poderá ser utilizada a estufa para secagem dos corpos de prova, desde que a temperatura não ultrapasse (52 ± 3) °C. Neste caso, após introduzir o corpo de prova na estufa, o seu peso deve ser verificado a cada 15 minutos, até atingir constância de massa. Em seguida, o corpo de prova deve ser resfriado a (25 ± 1) °C, até que se observe constância de massa, para determinar a massa seca. Designar esta medida como *A*.

6.1.2 Massa do corpo de prova na água

O corpo de prova deve ser imerso no banho de água à temperatura de (25 ± 1) °C, por um período de 3 minutos a 5 minutos e, em seguida, sua massa na água deve ser determinada por pesagem hidrostática. Designar esta medida como *B*.

NOTA 3: Para realizar a pesagem hidrostática, o corpo de prova deverá ser colocado submerso, dentro de uma cesta metálica, que se encontra em suspensão na água. A cesta deve estar conectada à balança por um fio fino e o conjunto (cesta + fio) deve ser previamente tarado. Alternativamente pode ser utilizado apenas um fio fino ou arame (previamente tarado) conectando o corpo de prova, em suspensão na água, à balança.

6.1.3 Massa do corpo de prova na condição saturado com a superfície seca

Após determinar a massa do corpo de prova na água, removê-lo do banho, secá-lo rapidamente com um pano levemente umedecido e determinar a sua massa ao ar. Designar esta medida como *C*.

6.1.4 Porcentagem de água absorvida pelo corpo de prova

O percentual de água absorvida por corpos de prova preparados em laboratório ou extraídos da pista deve ser determinado utilizando a Equação 1:

$$\% \text{ de água absorvida} = 100 \times \frac{(C-A)}{(C-B)} \quad (1)$$

Onde:

A é a massa do corpo de prova seco, expressa em gramas (g);

B é a massa do corpo de prova submerso na água, expressa em gramas (g);

C é a massa do corpo de prova saturado com a superfície seca, expressa em gramas (g).

Ao verificar que a porcentagem de água absorvida pelo corpo de prova é ≤ 2 %, deve-se seguir para os procedimentos de cálculo da densidade relativa aparente e da massa específica aparente indicados no item 7.1.

Caso a porcentagem de água absorvida pelo corpo de prova seja > 2 %, deve-se seguir com o mesmo corpo de prova para os procedimentos descritos no item 6.2.

6.2 Misturas asfálticas com volume de vazios < 10 % e absorção de água pelo corpo de prova > 2 % por volume

Para corpos de prova oriundos de misturas asfálticas densas, que apresentarem volume de vazios < 10 % e absorção de água > 2 % por volume, devem ser executados os procedimentos descritos na sequência.

6.2.1 Massa do corpo de prova seco

O corpo de prova deve permanecer na temperatura de (25 ± 1) °C por pelo menos 48 horas e, após este período, se necessário, poderá ser utilizada ventilação forçada, até que se observe a constância de massa. Determinar a massa do corpo de prova seco ao ar e designar esta medida como *D*.

NOTA 4: A constância de massa é obtida quando a variação de duas pesagens consecutivas, feitas em intervalos de 15 minutos, for menor que 0,05 %.

NOTA 5: Alternativamente, após a utilização do papel absorvente, poderá ser utilizada a estufa para secagem dos corpos de prova, desde que a temperatura não ultrapasse $(52 \pm 3) ^\circ\text{C}$. Neste caso, após introduzir o corpo de prova na estufa, o seu peso deve ser verificado a cada 15 minutos, até atingir constância de massa. Em seguida, o corpo de prova deve ser resfriado a $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$, até que se observe constância de massa, para determinar a massa seca. Designar esta medida como *D*.

6.2.2 Massa do corpo de prova revestido seco

a) Deve ser cortado um pedaço de filme PVC com dimensões suficientes para, depois de esticado, envolver (embrulhar) totalmente o corpo de prova.

NOTA 6: O filme PVC deve ser cortado com lâmina afiada e esticado nas duas direções, imediatamente antes da aplicação, até que o comprimento dos lados seja aproximadamente 1,5 vezes maior que o inicial.

b) O filme PVC deve ser esticado e, em seguida, o corpo de prova deve ser totalmente envolvido (embrulhado), de modo que fique todo revestido e impermeabilizado.

NOTA 7: Deve-se ter cuidado para não criar furos no filme PVC.

c) Após o corpo de prova estar totalmente revestido, deve ser colocada uma de suas faces apoiada sobre uma placa de espuma e, na face superior, outra placa de espuma, com tamanho e forma aproximados. Em seguida, deve ser feita pressão sobre a placa de espuma superior, com material rígido, de mesmo tamanho e forma, visando eliminar as bolsas de ar entre a superfície do corpo de prova e o filme PVC. Este procedimento deve ser realizado em todas as faces do corpo de prova, inclusive nas bordas.

d) A massa ao ar do corpo de prova revestido com filme PVC deve ser determinada. Designar esta medida como *E*.

6.2.3 Massa do corpo de prova revestido na água

O corpo de prova revestido deve ser imerso no banho de água à temperatura de $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$, por um período de 3 minutos a 5 minutos e, em seguida, sua massa na água deve ser determinada por pesagem hidrostática. Designar esta medida como *F*.

NOTA 8: Para realizar a pesagem hidrostática, o corpo de prova deverá ser colocado submerso, dentro de uma cesta metálica, que se encontra em suspensão na água. A cesta deve estar conectada à balança por um fio fino e o conjunto (cesta + fio) deve ser previamente tarado. Alternativamente pode ser utilizado apenas um fio fino ou arame (previamente tarado) conectando o corpo de prova, em suspensão na água, à balança.

6.2.4 Densidade do filme PVC

Deve ser determinada a densidade do cilindro de calibração a $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$, obtendo a sua massa seca ao ar e sua massa na água a $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$, de acordo com a Equação 2:

$$D_{cil} = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \quad (2)$$

Onde:

D_{cil} é a densidade do cilindro de calibração (adimensional);

m_1 é a massa seca ao ar do cilindro de calibração, expressa em gramas (g);

m_2 é a massa do cilindro de calibração na água a $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$, expressa em gramas (g).

e) O cilindro com filme PVC deverá ser seco e revestido, conforme descrito em 6.2.2.

f) A massa seca ao ar do cilindro revestido com filme PVC deve ser determinada, bem como a sua massa na água a $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

- g) Deve ser determinada a densidade do filme PVC a $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$, utilizando a Equação 3:

$$D_{pa} = \frac{m_3 - m_1}{m_3 - m_4 - \frac{m_1}{D_{cil}}} \quad (3)$$

Onde:

D_{pa} é a densidade do filme PVC, (adimensional), à temperatura do ensaio;

m_3 é a massa do cilindro revestido seco ao ar, expressa em gramas (g);

m_4 é a massa do cilindro revestido na água a $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$, expressa em gramas (g);

D_{cil} é a densidade do cilindro de calibração (adimensional);

m_1 é massa seca ao ar do cilindro de calibração, expressa em gramas (g).

6.2.5 Correção de umidade

No caso de corpos de prova extraídos da pista e/ou preparados em laboratório, se contiverem umidade ou solventes, a massa determinada deve ser corrigida do seguinte modo:

- Determinar a massa original do corpo de prova. Designar esta medida como $E_{original}$.
- Utilizar papel absorvente para retirar o excesso de umidade e/ou solventes que estiverem no corpo de prova. O corpo de prova deve permanecer à temperatura de $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$ por pelo menos 48 horas e, após este período, se necessário, poderá ser utilizada ventilação forçada, até que se observe a constância de massa. Determinar a massa do corpo de prova seco ao ar e designar esta massa seca como E_{seca} .

NOTA 9: A constância de massa é obtida quando a variação de duas pesagens consecutivas, feitas em intervalos de 15 minutos, for menor que 0,05 %.

NOTA 10: Alternativamente, após a utilização do papel absorvente, poderá ser utilizada a estufa para secagem dos corpos de prova, desde que a temperatura não ultrapasse $(52 \pm 3) ^\circ\text{C}$. Neste caso, após introduzir o corpo de prova na estufa, o seu peso deve ser verificado a cada 15 minutos, até atingir constância. Em seguida, o corpo de prova deve ser resfriado a $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$, até que se observe a constância de massa, para determinar a massa seca E_{seca} .

- Determinar a massa relativa à umidade, designada como $E_{umidade}$ conforme Equação 4:

$$E_{umidade} = E_{original} - E_{seca} \quad (4)$$

Onde:

$E_{original}$ é a massa original do corpo de prova em gramas (g);

E_{seca} é a massa seca à temperatura de $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$ em gramas (g).

Deve-se seguir para os procedimentos de cálculo da densidade relativa aparente e da massa específica aparente indicados no item 7.2 e subtrair $E_{umidade}$ de todas as determinações de massa desta seção.

6.3 Volume de vazios ≥ 10 %

Para determinar a massa específica aparente (ME_a) de corpos de prova oriundos de misturas asfálticas abertas ou com vazios interconectados (volume de vazios ≥ 10 %), deve ser calculada primeiramente a sua massa seca e posteriormente o seu volume, conforme descrito nos itens 6.3.1 e 6.3.2, respectivamente.

6.3.1 Massa do corpo de prova seco

Para corpos de prova preparados em laboratório, completamente secos e livres de solventes, devem ser realizados os procedimentos descritos em 6.1.1.1 e, para corpos de prova extraídos da pista e/ou preparados em laboratório, se contiverem umidade e/ou solventes, devem ser realizados os procedimentos descritos em 6.1.1.2. Designar esta medida como A .

6.3.2 Volume do corpo de prova

O volume do corpo de prova deve ser calculado usando a Equação 5:

$$V = H \times \pi \times \frac{D^2}{4} \quad (5)$$

Onde:

V é o volume do corpo de prova, expresso em centímetros cúbicos (cm³);

H é o valor da média aritmética de quatro leituras da altura do corpo de prova, medidas com paquímetro em quatro posições diametralmente opostas, expresso em centímetros (cm);

D é o valor da média aritmética de quatro leituras do diâmetro do corpo de prova, medidos com paquímetro em duas leituras perpendiculares entre si em cada uma das faces do corpo de prova, expresso em centímetros (cm).

Deve-se seguir para os procedimentos de cálculo da densidade relativa aparente e da massa específica aparente, indicados no item 7.3.

7 Cálculos

Devem ser empregadas as expressões descritas em 7.1 a 7.3 para determinar a densidade relativa aparente e a massa específica aparente das misturas asfálticas compactadas.

7.1 Densidade relativa aparente e massa específica aparente de corpos de prova com volume de vazios < 10 % e absorção de água ≤ 2 % por volume

Calcular conforme as Equações 6 e 7, respectivamente:

$$G_{mb} = \frac{A}{C-B} \quad (6)$$

$$ME_a = 0,9971 \times G_{mb} \quad (7)$$

Onde:

G_{mb} é a densidade relativa aparente do corpo de prova, adimensional;

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

B é a massa do corpo de prova imerso em água, expressa em gramas (g);

C é a massa do corpo de prova saturado com a superfície seca ao ar, expressa em gramas (g);

ME_a é a massa específica aparente do corpo de prova, expressa em gramas por centímetro cúbico (g/cm³).

7.2 Densidade relativa aparente e massa específica aparente de corpos de prova com volume de vazios < 10 % e absorção de água > 2 % por volume

Calcular conforme as Equações 8 e 9, respectivamente:

$$G_{mb} = \frac{D}{E-F-\frac{E-D}{D_{pa}}} \quad (8)$$

$$ME_a = 0,9971 \times G_{mb} \quad (9)$$

Onde:

G_{mb} é a densidade relativa aparente do corpo de prova, (adimensional);

D é a massa do corpo de prova seco ao ar, expressa em gramas (g);

E é a massa do corpo de prova revestido seco ao ar, expressa em gramas (g);

F é a massa do corpo de prova revestido com filme PVC na água a (25 ± 1) °C, expressa em gramas (g);

D_{pa} é a densidade do filme PVC a (25 ± 1) °C (adimensional), determinada conforme 6.2.4;

ME_a é a massa específica aparente da mistura compactada, expressa em gramas por centímetro cúbico (g/cm³).

7.3 Densidade relativa aparente e massa específica aparente de corpos de prova com volume de vazios $\geq 10\%$

A massa específica aparente e a densidade relativa aparente de corpos de prova com volume de vazios $\geq 10\%$ devem ser calculadas de acordo com as Equações 10 e 11, respectivamente:

$$ME_a = \frac{A}{V} \quad (10)$$

$$G_{mb} = \frac{ME_a}{0,9971} \quad (11)$$

Onde:

ME_a é a massa específica aparente do corpo de prova, expressa em gramas por centímetro cúbico (g/cm^3);

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

V é o volume do corpo de prova, expresso em centímetro cúbico (cm^3);

G_{mb} é a densidade relativa aparente do corpo de prova (adimensional).

7.4 Verificação do volume de vazios do corpo de prova

O volume de vazios do corpo de prova deve ser calculado utilizando a Equação 12:

$$V_V = \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}}\right) \times 100 \quad (12)$$

Onde:

V_V é o volume de vazios, expresso em porcentagem (%);

G_{mb} é a densidade relativa aparente do corpo de prova (adimensional) determinada conforme 7.1, 7.2 ou 7.3;

G_{mm} é a densidade relativa máxima medida de misturas asfálticas em amostras não compactadas (adimensional), determinada conforme a norma DNIT 427 – ME.

A porcentagem de vazios verificada indica se o procedimento utilizado para o cálculo da massa específica aparente foi apropriado. Se for necessário, a

massa específica aparente deve ser recalculada de acordo com as prescrições descritas em 7.1, 7.2 ou 7.3.

8 Resultados

Os resultados obtidos devem ser expressos contendo as seguintes informações:

- Percentual de água absorvida, com uma casa decimal;
- Densidade do filme PVC, se utilizado, com três casas decimais;
- Densidade relativa aparente e massa específica aparente do corpo de prova a $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ com quatro casas decimais;
- Tipo de mistura;
- Tamanho do corpo de prova;
- Correção da umidade, se houver, com quatro casas decimais.

9 Precisão

A precisão deste método foi determinada pela análise estatística dos resultados de ensaios Interlaboratoriais realizados nos EUA. Os dados de precisão para corpos de prova com absorção menor que 2% foram obtidos no projeto NCHRP 9-26 e os com absorção maior que 2% são de responsabilidade da ASTM, relatório de pesquisa RR:D04-1007. Não se tem dados de precisão para corpos de prova com volume de vazios maior que 10%.

9.1 Repetibilidade (r)

9.1.1 Para volume de vazios < 10% e absorção de água pelo corpo de prova $\leq 2\%$ por volume

A diferença entre resultados de ensaios sucessivos, obtidos pelo mesmo operador, com a mesma aparelhagem, sob condições constantes de operação e em amostras de mesmo material, com a execução correta e normal deste método deve ser comparada com o intervalo “d2s” indicado na Tabela A1 do Anexo A.

9.1.2 Para volume de vazios < 10 % e absorção de água pelo corpo de prova > 2 % por volume

A diferença entre resultados de ensaios sucessivos, obtidos pelo mesmo operador, com a mesma aparelhagem, sob condições constantes de operação e em amostras de mesmo material, com a execução correta e normal deste método, deve ser comparada com o intervalo “d2s” indicado na Tabela A2 do Anexo A.

9.2 Reprodutibilidade (R)**9.2.1 Para volume de vazios < 10 % e absorção de água pelo corpo de prova \leq 2 % por volume**

O desvio padrão para corpos de prova preparados em dois laboratórios deve se situar no limite “1s” da Tabela A1 do Anexo A. A diferença entre dois resultados de ensaios, individuais e independentes, obtidos por

operadores diferentes, trabalhando em laboratórios distintos e em amostras de mesmo material, com a execução correta e normal deste método, deve ser comparada com o intervalo “d2s” indicado na Tabela A1 do Anexo A para precisão entre laboratórios.

9.2.2 Para volume de vazios < 10 % e absorção de água pelo corpo de prova > 2 % por volume

O desvio padrão para corpos de prova preparados em dois laboratórios deve se situar no limite “1s” da Tabela A2 do Anexo A. A diferença entre dois resultados de ensaios, individuais e independentes, obtidos por operadores diferentes, trabalhando em laboratórios distintos e em amostras de mesmo material, com a execução correta e normal deste método, deve ser comparada com o intervalo “d2s” indicado na Tabela A2 do Anexo A para precisão entre laboratórios.

_____/Anexo A

Anexo A (Informativo) – Precisão

Tabela A1 – Precisão estimada dos resultados do ensaio para volume de vazios < 10 % e absorção de água pelo corpo de prova \leq 2 % por volume

	Desvio Padrão (1s)	Faixa aceitável entre dois resultados (d2s)
Precisão para um operador		
Tamanho nominal máximo (TNM) do agregado 12,5 mm	0,008	0,023
Tamanho nominal máximo (TNM) do agregado 19,0 mm	0,013	0,037
Precisão entre laboratórios		
Tamanho nominal máximo (TNM) do agregado 12,5 mm	0,015	0,042
Tamanho nominal máximo (TNM) do agregado 19,0 mm	0,015	0,042

Tabela A2 – Precisão estimada dos resultados do ensaio para volume de vazios < 10 % e absorção de água pelo corpo de prova > 2 % por volume

	Desvio Padrão (1s)	Faixa aceitável entre dois resultados (d2s)
Precisão para um operador	0,028	0,079
Precisão entre laboratórios	0,015	0,095

_____/Anexo B

Anexo B (Informativo) – Fluxograma

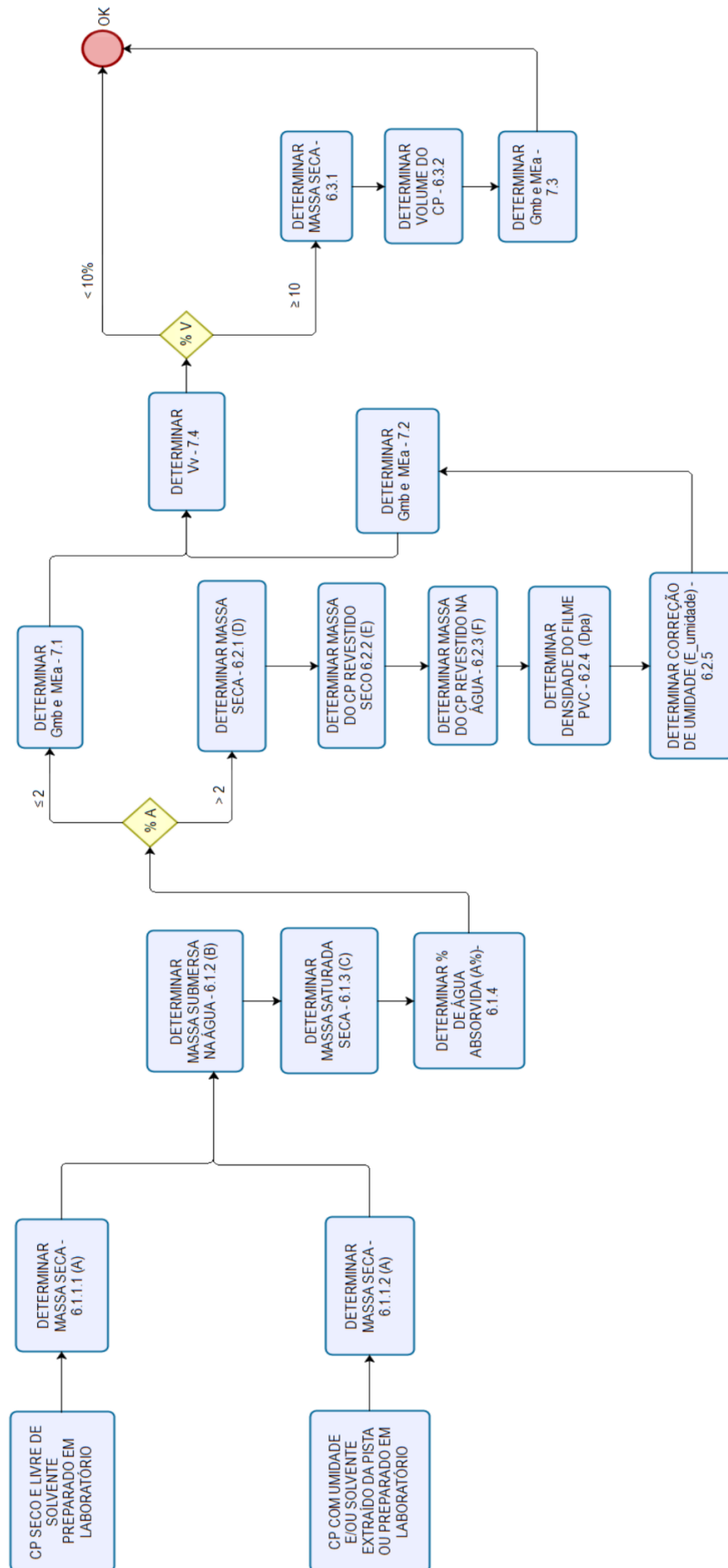


Figura B1 – Fluxo de procedimentos para a determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente de corpos de prova compactados

Anexo C (Informativo) – Fotos

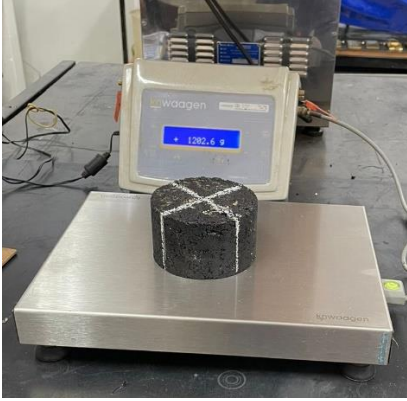
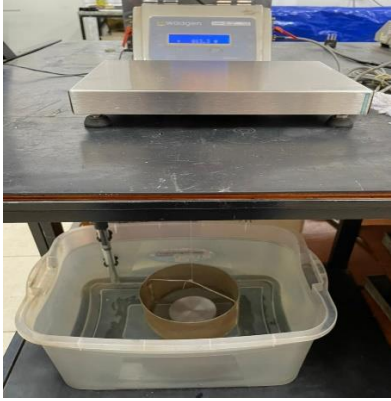





	
<p>(a) Pesagem do corpo de prova seco ou saturado com superfície seca</p>	<p>(b) Pesagem hidrostática</p>
	
<p>(c) Corpo de prova após retirada da imersão em água</p>	<p>(d) Remoção da água na superfície do corpo de prova</p>
	
<p>(e) Corpo de prova sendo revestido com filme PVC</p>	
	
<p>(f) Pressão para eliminar as bolsas de ar</p>	<p>(g) Corpo de prova revestido</p>

Figura C1 – Fotos ilustrativas dos equipamentos e etapas dos ensaios

Anexo D (Informativo) – Bibliografia

- a) AMERICAN ASSOCIATION OF STATE AND HIGHWAY TRANSPORTATION OFFICIALS. AASHTO T 166: Bulk Specific Gravity (Gmb) of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA) Using Saturated Surface-Dry Specimens. 2013.
- b) _____. AASHTO T 269: Percent Air Voids in Compacted Dense and Open Asphalt Mixtures. 2014.
- c) _____. AASHTO T 275: Bulk Specific Gravity (Gmb) of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA) Using Paraffin-Coated Specimens. 2007.
- d) AMERICAN SOCIETY FOR TEST AND MATERIALS. ASTM D1188: Standard test method for Bulk Specific gravity and density of compacted bituminous mixtures using coated samples. West Conshohocken, PA, 2007.
- e) _____. ASTM D2726/D2726M: Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Non-Absorptive Compacted Asphalt Mixtures.
- f) _____. ASTM D3203/D3203M: Standard Test Method for Percent Air Voids in Compacted Asphalt Mixtures. West Conshohocken, PA, 2017.
- g) _____. ASTM D3203/D3203M: Standard Test Method for Percent Air Voids in Compacted Asphalt Mixtures. West Conshohocken, PA, 2017.
- h) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15619: Misturas asfálticas - Determinação da densidade máxima teórica e da massa específica máxima teórica em amostras não compactadas. Rio de Janeiro, 2016.
- i) _____. ABNT NBR 15573: Misturas asfálticas – Determinação da densidade aparente e da massa específica aparente de corpos de prova compactados. Rio de Janeiro, 2012.
- j) BERNUCCI, L. B. et al., Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. 3. reimpr. Rio de Janeiro: PETROBRAS; ABEDA, 2010.

_____/índice Geral

Índice geral

Absorção de água	3.2	2	Massa do corpo de prova revestido seco.....	6.2.2.....	5
Abstract		1	Massa do corpo de prova seco	6.1.1.....	3
Anexo A (Informativo) – Precisão		10	Massa do corpo de prova seco	6.2.1.....	4
Anexo B (Informativo) – Fluxograma		11	Massa do corpo de prova seco	6.3.1.....	6
Anexo C (Informativo) – Fotos.....		12	Massa específica aparente do corpo de prova.....	3.4.....	2
Anexo D (Informativo) – Bibliografia		13	Misturas asfálticas com volume de vazios < 10 % e absorção de água pelo corpo de prova ≤ 2 % por volume	6.1.....	3
Aparelhagem	4	2	Misturas asfálticas com volume de vazios < 10 % e absorção de água pelo corpo de prova > 2 % por volume.....	6.2.....	4
Balança.....	4.1	2	Objetivo.....	1	1
Banho de água	4.2	2	Paquímetro	4.5.....	3
Cálculos.....	7	7	Para volume de vazios < 10 % e absorção de água pelo corpo de prova ≤ 2 % por volume.....	9.1.1.....	8
Cilindro de calibração	4.9.....	3	Para volume de vazios < 10 % e absorção de água pelo corpo de prova ≤ 2 % por volume.....	9.2.1.....	8
Corpos de prova extraídos da pista ou preparados em laboratório se contiverem umidade e/ou solventes.....	6.1.1.2...3		Para volume de vazios < 10 % e absorção de água pelo corpo de prova > 2 % por volume.....	9.1.2.....	9
Corpos de prova preparados em laboratório secos e livres de solventes.....	6.1.1.1...3		Para volume de vazios < 10 % e absorção de água pelo corpo de prova > 2 % por volume.....	9.2.2.....	9
Correção de umidade	6.2.5	6	Placas de espuma de poliuretano	4.8.....	3
Cronômetro.....	4.6	3	Porcentagem de água absorvida pelo corpo de prova.....	6.1.4....	4
Definições.....	3	2	Precisão.....	9	8
Densidade do filme PVC.....	6.2.4	5	Prefácio.....		1
Densidade relativa aparente do corpo de prova.....	3.3.....	2	Referências normativas	2	2
Densidade relativa aparente e massa específica aparente de corpos de prova com volume de vazios < 10 % e absorção de água ≤ 2 % por volume .7.1	7		Repetibilidade (r).....	9.1.....	8
Densidade relativa aparente e massa específica aparente de corpos de prova com volume de vazios < 10 % e absorção de água > 2 % por volume .7.2	7		Reprodutibilidade (R)	9.2.....	8
Densidade relativa aparente e massa específica aparente de corpos de prova com volume de vazios ≥ 10 %.....	7.3.....	7	Resultados	8	8
Densidade relativa máxima medida.....	3.5	2	Resumo.....		1
Estufa	4.4	3	Sumário.....		1
Execução do ensaio	6	3	Tamanho máximo do agregado.....	3.6.....	2
Filme plástico de PVC	4.7	3	Tamanho nominal máximo (TNM).....	3.7.....	2
Formação da amostra.....	5	3	Termômetro	4.3.....	3
Índice geral.....		14	Vazios	3.1.....	2
Massa do corpo de prova na água	6.1.2	4	Verificação do volume de vazios do corpo de prova	7.4.....	8
Massa do corpo de prova na condição saturado com a superfície seca	6.1.3	4	Volume de vazios ≥ 10 %.....	6.3.....	6
Massa do corpo de prova revestido na água..	6.2.3	5	Volume do corpo de prova	6.3.2.....	7