

PREPARAÇÃO E DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE AMOSTRAS DE MISTURA ASFALTICA QUENTE (MAQ) ATRAVÉS DO COMPACTADOR GIRATÓRIO SUPERPAVE

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Setembro de 2014



DESIGNAÇÃO - ARTERIS T- 312-14

Método Padrão para Ensaio de

Preparação e Determinação da Densidade de

Amostras de Misturas Asfálticas a Quente (MAQ) pelo Compactador Giratório Superpave

Designação ARTERIS T 312 – 09



1. ESCOPO

1. 1. Este método abrange a compactação de corpos de prova cilíndricos de misturas asfálticas a quente (MAQ) usando o compactador giratório Superpave.

1. 2. Esta norma pode envolver materiais, operações e equipamentos prejudiciais à saúde. Esta norma não tem o propósito de resolver todos os problemas de segurança associados à sua utilização. É responsabilidade do usuário do método estabelecer práticas adequadas de segurança e saúde e determinar a aplicabilidade das limitações regulamentares antes do uso.

2. DOCUMENTOS REFERENCIADOS

2. 1. Normas

- ARTERIS M 231, Balanças usadas em Ensaio de Materiais
- ARTERIS R 30, Condicionamento de concreto asfáltico usinado a quente (MAQ)
- ARTERIS R35, Projeto volumétrico Superpave para concreto asfáltico usinado a quente (MAQ)
- ARTERIS T 166, Massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas usando amostras saturadas – superfície seca
- AASHTO T 168, Coleta de amostras de Misturas betuminosas para pavimentação
- ARTERIS T 209, Massa específica teórica máxima e densidade de misturas asfálticas para pavimentação
- ARTERIS T 275, Massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas usando corpos de prova parafinados

- AASHTO T 316, Determinação da viscosidade do ligante usando Viscosímetro Rotacional.
- AASHTO TP 71, Avaliação do Ângulo Interno de Giro do Compactador Giratório do Superpave (SGC) usando a carga simulada.

2.2. Outra norma

- ASME B46.1, Surface Texture, Surface Roughness, Waviness and Lay

3. SIGNIFICADO E USO

3.1. Este método é usado para preparar amostras para determinar as propriedades mecânicas e volumétricas do MAQ. Os corpos de prova obtidos simulam a densidade, a orientação dos agregados e características estruturais obtidas efetivamente na pista, quando um processo adequado de construção é utilizado para o espalhamento da massa.

3.2. Este método pode ser usado para monitorar a densidade dos corpos de prova durante a sua preparação. Ele também pode ser usado para controle de um processo de produção do MAQ.

4. EQUIPAMENTOS

4.1 Compactador Giratório Superpave – um compactador eletro hidráulico ou eletromecânico com um cabeçote no fundo e topo conforme descrito na seção 4.3. O eixo do cabeçote deve ser perpendicular à placa do compactador. O cabeçote deve aplicar e manter uma pressão de 600 ± 18 kPa perpendicular ao eixo cilíndrico da amostra durante a compactação (Nota 1). O compactador deve inclinar os moldes com os corpos de prova em um ângulo $20,2 \pm 0,35$ mrad ($1.16 \pm 0,02^\circ$), determinado de acordo com TP 71. O compactador deve girar os moldes com corpo de prova a uma taxa de $30,0 \pm 0,5$ giros por minuto durante todo o processo de compactação.

Nota 1 – Esta tensão é calculada em $10,600 \pm 310$ N de carga total para amostras de 150 mm.

4.1.1. Medição da altura das amostras e dispositivo de gravação – quando a densidade da amostra vai ser monitorada durante a compactação, um meio é assegurado para medir e registrar a altura da amostra com precisão de 0,1 mm a cada giro durante a compactação.

4.1.2. O sistema pode incluir uma impressora conectada capaz de imprimir informações do ensaio, tais como altura da amostra por giro. Em adição a uma impressora, o sistema pode incluir um computador e um software adequado para a aquisição de dados e relatórios.

4. 2. Moldes dos corpos de prova – os moldes devem ter paredes de aço com, no mínimo, 7,5 mm de espessura e dureza Rockwell, no mínimo, C48. O acabamento do interior dos moldes deve ter raiz quadrada média (rms) de 1,60 µm ou melhor quando medido de acordo com a ASME B 46.1 (Nota 2). Os moldes devem ter diâmetro interno de 149,90 a 150,00 mm e, no mínimo, altura de 250 mm à temperatura ambiente.

Nota 2 –Um dos fornecedores do comparador de superfície, que é usado para verificar o valor rms de 1,60 µm, é a GAR Electroforming, Danbury, Connecticut.

4. 3. Cabeçotes do topo e molde de fundo – Os cabeçotes de topo e o molde de fundo devem ser fabricados em aço com dureza Rockwell mínima C48. O cabeçote deve ficar perpendicular ao seu eixo. A lateral do molde de fundo deve ser plana e paralela à sua face. Todos os cabeçotes e placa da base (os lados virados para o corpo de prova) devem ser planos para atender ao desempenho exigido na secção 4.2 e devem ter um diâmetro de 149.50 a 149.75 mm.

4. 4. Termômetros – Os termômetros devem ser blindados, de vidro ou digital com haste de metal para determinar a temperatura de agregados, ligante e MAQ entre 10 e 232°C.

4.5. Balança - Uma balança que satisfaça os requisitos da M 231, classe G5, para determinar a massa de agregados, ligante e MAQ.

4.6. Estufa – Uma estufa com temperatura, regulável de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ para aquecimento de agregados, ligante, MAQ e equipamentos necessários. O forno deve ser capaz de manter a temperatura necessária para o condicionamento da mistura de acordo com R 30.

4.7. Diversos - Painelas de metal de fundo plano para aquecimento de agregados, colher para mistura de agregados, recipientes (grelha–tipo de latas, copos, recipientes para aquecimento de asfalto) espátula pequena, espátula grande, par de luvas para manuseio de utensílios quentes, discos de papel, misturador mecânico (opcional), lubrificantes recomendados pelo fabricante compactador.

4.8 Manutenção - Além da manutenção de rotina recomendada pelo fabricante, verifique o desgaste dos componentes mecânicos do compactador Superpave , e realize o reparo, tal como recomendado pelo fabricante.

5. RISCOS

5.1. Utilize precaução de segurança padronizada e vestuário de proteção no manuseio de materiais quentes e na preparação dos corpos de prova.

6. PADRONIZAÇÃO

6.1. Itens que requerem verificação periódica da calibração incluem o cabeçote de pressão, o ângulo de giro, frequência de giro, LVDT (ou qualquer outro meio utilizado para registrar continuamente a altura do corpo de prova), e temperatura da estufa. São necessárias a verificação das dimensões do molde e rolo e desempenho do interior. Quando o computador e as opções de software são utilizados, verifique periodicamente o sistema de processamento de dados usando um procedimento projetado para esta finalidade. A verificação da calibração, a padronização do sistema e controle de qualidade podem ser realizados pelo fabricante, outras agências que prestam esses serviços, ou internamente. A frequência de verificação deve seguir as recomendações do fabricante.

6.2. O ângulo de giro refere-se ao ângulo interno (inclinação do molde em relação à superfície da placa giratória dentro do molde). A calibração do ângulo de giro interno deve ser verificada de acordo com a TP 71.

7. PREPARAÇÃO DOS APARELHOS

7.1. Imediatamente antes do momento da colocação da Massa de MAQ no molde, ligue o sistema de aquecimento do compactador conforme o tempo especificado pelo fabricante.

7.2. Verifique se as configurações da máquina para o ângulo, pressão e número de giros estão corretas.

7.3. Lubrifique qualquer superfície de rolamento conforme necessário pelas instruções do fabricante.

7.4. Quando a altura do corpo de prova vai ser monitorada, um item adicional de preparação é necessário. Imediatamente antes da colocação da massa de MAQ no molde, ligar o aparelho para medir e registrar a altura da amostra, e verificar se as unidades de leituras são apropriadas, mm, e se o dispositivo de gravação está ligado. Prepare o computador, se utilizado, para registrar os dados de altura, e digite as informações de identificação da amostra.

8. PREPARAÇÃO DA MISTURA DE MAQ

8.1. Pesar as frações de cada agregado usado na mistura em recipientes separados, e os misture de acordo com o projeto desejado. O peso da amostra varia de acordo com a finalidade dos corpos de prova. Se a finalidade é obter teor de vazios, para análise do desempenho de Misturas Superpave, o peso será ajustado para obter uma determinada densidade num volume conhecido. Se as amostras devem ser utilizadas para determinação de propriedades volumétricas, o peso do lote será ajustado para obter um corpo de prova de dimensões de 150 mm de diâmetro e 115 ± 5 milímetros de altura para o número de giros desejado.

NOTA - 3 - Pode ser necessário produzir um corpo de prova experimental para ajustar a altura. Em geral, 4500 a 4700g de material são necessários para atingir essa altura com a mistura seca de agregados que possuem massa específica aparente (SSS) entre 2,55 a 2,70.

8.2. Coloque um recipiente com a mistura de agregados e ligante na estufa, e aqueça-os à temperatura desejada.

8.2.1. A faixa de temperatura de mistura é definida como o intervalo de temperaturas onde o ligante, não envelhecido, apresenta viscosidade de $0,17 \pm 0,02$ Pa.s, quando medida de acordo com T 316.

NOTA - 4 - Asfaltos modificados podem não se enquadrar nas faixas de viscosidades descritas, e as recomendações do fabricante devem ser usadas para determinar as temperaturas de mistura e compactação.

8.3. Carregue a unidade de mistura com o agregado aquecido e o misture completamente a seco. Abra uma cratera no meio da mistura a seco, e coloque a quantidade necessária de ligante. Iniciar imediatamente a mistura.

8.4. Misture os agregados e ligante rápida e completamente até obter uma massa de MAQ uniforme. Como opção, um misturador mecânico pode ser usado.

8.5. Após finalizar a mistura, fazer o condicionamento da massa conforme R30.

8.6. Coloque o molde de compactação e placa da base na estufa, à temperatura especificada para compactação por, no mínimo, 30 minutos antes do início estimado do processo (durante este tempo, a mistura está sendo condicionada, em conformidade com o R 30).

8.7. Após o período de condicionamento da mistura, especificado no R30, se a mistura está na temperatura de compactação, iniciar o processo imediatamente, conforme descrito na seção 9. Se a temperatura de compactação for diferente da temperatura de condicionamento adotada em conformidade com o R30, coloque a mistura em outra estufa à temperatura de compactação por um breve período (máximo de 30 minutos) para atingir a temperatura desejada.

8.7.1. A temperatura de compactação é a média do intervalo, onde o ligante, não envelhecido, tem viscosidade de $0,28 \pm 0,03 \text{Pa.s}$ quando medida de acordo com a T 316 (Nota 4).

8.8. Se a massa de MAQ usada for produzida em uma usina, a amostra deve ser obtida de acordo com T 168. A mistura será aquecida em uma estufa, cuidadosamente, até atingir temperatura de compactação, imediatamente antes da moldagem. A temperatura da massa deve apresentar uma temperatura uniforme em toda a amostra.

9. PROCEDIMENTO DE COMPACTAÇÃO

9.1. Quando a temperatura de compactação da massa for alcançada, remover o molde, a placa base, e a placa superior (se necessária) da estufa. Coloque a base e um disco de papel na parte inferior do molde.

9.2. Coloque a mistura dentro do molde de uma só vez. Devem ser tomados cuidados para evitar a segregação da massa dentro do molde. Após a colocação da mistura no molde, nivele e coloque outro disco de papel (se necessário) sobre o material nivelado.

9.3. Coloque o molde dentro do compactador e centralize o cabeçote de carga.

9.4. Aplicar a pressão de $600 \pm 18 \text{kPa}$ no corpo de prova.

9.5. Aplique um ângulo interno médio de $20,2 \pm 0,35 \text{mrad}$ ($1,16 \pm 0,02^\circ$), ao dispositivo do molde, e comece a compactação giratória.

9.6. Prosseguir a compactação até que o número desejado de giros especificado no R 35 seja atingido e o mecanismo giratório pare.

9.7. Remover o ângulo do conjunto do molde, remova a pressão do cabeçote e recolha o cabeçote de carga na ordem especificada pelo fabricante (as etapas anteriores podem ser feitas automaticamente pelo compactador em alguns modelos). Retirar o molde do compactador (se necessário), e extrair o corpo de prova do molde.

NOTA 5 – Nenhum giro adicional com o ângulo removido é necessário, a menos que expressamente solicitado em algum outro método, com referência ao T 312. A amostra extraída pode não ser um cilindro com ângulo reto. Corpos de prova para serem considerados finalizados podem precisar ser serrados para satisfazer aos requisitos de ensaios de desempenho específicos.

NOTA 6 - Os corpos de prova podem ser extraídos do molde imediatamente após a compactação para a maioria das MAQ. No entanto, um período de resfriamento, de 5 a 10 minutos em frente a um ventilador pode ser necessário antes de extrair alguns exemplares, para garantir que não sejam danificados.

9.8. Remova os discos de papel da parte superior e inferior dos corpos de prova.

NOTA 7 - Antes de utilizar novamente o molde, coloque-o na estufa por, pelo menos, cinco minutos. O uso de moldes múltiplos irá acelerar o processo de compactação.

10. PROCEDIMENTO PARA DETERMINAR A DENSIDADE

10.1. Determinar a massa específica máxima (G_{mm}) da mistura solta em conformidade com a T 209 utilizando uma amostra similar. A amostra similar deve ser condicionada da mesma forma que a amostra de compactação.

10.2. Determinar a massa específica aparente (G_{mb}) do corpo de prova em conformidade com o T 166 e T 275, conforme apropriado.

10.3. Quando a altura da amostra for monitorada, registre a altura, com aproximação de 0,1 milímetros, após cada giro.

11. CÁLCULOS DA DENSIDADE

11.1. Calcule a densidade relativa, não corrigida ($\%G_{mmux}$), em qualquer ponto no processo de compactação utilizando a seguinte equação:

$$\%G_{mmux} = \frac{W_m}{V_{mx}G_{mm}G_m} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

$\%G_{mmux}$ = densidade relativa, não corrigida, em qualquer ponto durante a compactação expressa como uma porcentagem da massa específica teórica máxima;

W_m = massa da amostra em g;

G_{mm} = massa específica teórica máxima da mistura;

G_m = peso unitário da água, 1g/cm³;

x = número de giros, e

V_{mx} = volume da amostra, em cm³, em qualquer ponto, é baseado no diâmetro (d) e altura (h_x) do corpo de prova, neste ponto, (use "mm" para medidas da altura e diâmetro).

Ele pode ser expressa como:

$$V_{mx} = \frac{\pi d^2 h_x}{4000} \quad (2)$$

NOTA 8 - Esta fórmula fornece o volume em cm³ para permitir uma comparação direta com a massa específica.

11.2. Após a conclusão da massa específica aparente (G_{mb}), determinar a densidade relativa ($\%G_{mmx}$), em qualquer ponto do processo de compactação, do seguinte modo:

$$\%G_{mmx} = \frac{G_{mb} h_m}{G_{mm} h_x} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

$\%G_{mmx}$ = densidade relativa corrigida, expressa como uma porcentagem da massa específica máxima teórica;

G_{mb} = Massa específica aparente da amostra extraída;

h_m = altura da amostra extraída em milímetros; e

h_x = altura do corpo de prova em milímetros após x giros.

12. RELATÓRIO

12.1. Coloque as seguintes informações, no relatório de compactação, se aplicável:

12.1.1. Nome do projeto

12.1.2. Data do ensaio;

12.1.3. Hora de início do ensaio;

12.1.4. Identificação de amostras;

12.1.5. Porcentagem de ligante na amostra, com aproximação de 0,1 por cento;

12.1.6. Diâmetro médio do molde utilizado (d), com aproximação de 1,0 milímetro;

12.1.7. Massa da amostra (W_m), com aproximação de 0,1 g;

12.1.8. Massa específica máxima (G_{mm}) da amostra pela T 209, com aproximação de 0.001;

12.1.9. Massa específica aparente (G_{mb}) da amostra pela T 166 e T 275, com aproximação de 0,001;

12.1.10. Altura da amostra após cada giro (h_x), com aproximação de 0,1 mm;

12.1.11. Densidade Relativa ($\%G_{mm}$) expressa como uma porcentagem da massa específica máxima teórica (G_{mm}) com aproximação de 0,1 por cento, e

12.1.12. Ângulo de giro, com aproximação de 0,2mrad (0,01°), e o método utilizado para determinar ou verificar o ângulo de giro.

13. PRECISÃO E VARIÁVEIS

13.1. Precisão:

13.1.1. *Precisão para um único operador* - O desvio padrão (limites 1s) para um único operador para a densidade relativa de N_{ini} e N_{proj} para misturas contendo agregados com taxa de absorção inferior a 1,5 por cento são apresentados na Tabela 1. Os resultados de dois testes realizados corretamente sobre a mesma amostra pelo mesmo operador, utilizando o mesmo equipamento, devem ser considerados suspeitos se diferirem por mais do que os limites d2S indicados na Tabela 1.

13.1.2 - *Precisão Multi-laboratórios* - O desvio padrão (limites 1s) para multi-laboratórios para densidade relativa de N_{ini} e N_{proj} para as misturas contendo agregados com taxa de absorção inferior a 1,5 por cento estão apresentados na Tabela 1. Os resultados de dois testes realizados corretamente sobre o mesmo material por diferentes operadores, utilizando equipamentos diferentes, devem ser considerados suspeitos se diferirem por mais do que os limites d2S apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Estimativas de Precisão^a

| | Densidade Relativa (%) limite 1s | Densidade Relativa (%) limite d2s |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Precisão para um único operador | | |
| agreg. diam. Nominal max. 12,5mm | 0,3 | 0,9 |
| agreg. diam. Nominal max. 19,0mm | 0,5 | 1,4 |
| Precisão para múltiplos laboratórios | | |
| agreg. diam. Nominal max. 12,5mm | 0,6 | 1,7 |
| agreg. diam. Nominal max. 19,0mm | 0,6 | 1,7 |

^aBaseado em um estudo descrito na iterlaboratory NCHRP Research Report 9 -26 envolvendo corpos de prova de 150 - mm de diâmetro com 4 a 5 por cento de vazios de ar, 26 laboratórios, dois materiais (uma mistura de 12,5 - mm e uma mistura de 19,0 - mm), e três amostras replicadas, as amostras foram preparadas de acordo com T 312-04. O ângulo de rotação foi verificada através do método A, ângulo externo.

13.2 *Variáveis* - Nenhuma informação pode ser apresentada no procedimento de variáveis, porque nenhum material com um valor de referência aceitável está disponível.

14. PALAVRAS CHAVES

14.1 Compactação, densidade, giratório.