TÍTULO

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ASFALTO POR MEIO DO FORNO NCAT (IGNITION METHOD)

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Mistura Asfáltica. Teor de Betume. NCAT

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 140.** Standard Practice for Sampling Asphalt Materials. Pennsylvania, 2016.

MINUTA

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

ÍNDICE

1 OBJETIVO 3
2 ESCOPO 3
3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 3
4 DEFINIÇÕES 3
4.1 Agregado 3
4.2 Fíler 3
4.3 CAP 4
4.4 Mistura Asfáltica 4
4.5 Sistema de queima por convecção 4
4.6 Sistema de queima por irradiação 4
5 APARELHAGEM E MATERIAL 4
5.1 Aparelhagem 4
6 AMOSTRAGEM 5
6.1 Preparação da Amostra 5
6.2 Quantidade de Amostra 6
7 EXECUÇÃO DO ENSAIO 6
7.1 Calibração do Forno (C_f) 6
7.2 Calibração – Método A 6
7.3 Calibração – Método B 8
7.4 Procedimento de Ensaio 8
8 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS 10
9 SEGURANÇA 10
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 10

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

1 OBJETIVO

Este método, que é uma norma técnica, apresenta os procedimentos para a determinação do teor de ligante asfáltico de misturas asfálticas usinadas a quente e de amostras extraídas de revestimentos asfálticos, pela queima total do cimento asfáltico em forno de ignição. O processo de aquecimento do forno pode ser por convecção ou por irradiação direta.

2 ESCOPO

O ligante asfáltico constituinte da mistura asfáltica usinada a quente é totalmente incinerado no forno de ignição a temperatura de 580 ºC.

O conteúdo de ligante asfáltico é calculado pela diferença entre a massa inicial da mistura asfáltica e a massa do agregado residual e umidade contida. O teor de ligante asfáltico é expresso em porcentagem e obtido pela relação entre a massa de ligante asfáltico extraída e a massa da mistura asfáltica sem umidade.

Os agregados pós queima, isentos de ligante asfáltico, podem ser utilizados para determinação da distribuição granulométrica.

3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esta norma pode ser utilizada para determinação do teor de ligante asfáltico em misturas asfálticas, tanto para o controle de produção em usinas asfálticas como em misturas asfálticas coletadas na pista.

Devido a extração do ligante asfáltico ser por queima do ligante asfáltico, o processo não requer o uso de solventes.

A determinação do teor de ligante asfáltico pelo processo de ignição deve ter o valor corrigido em função da massa de água de cristalização dos agregados removida durante a queima. Dessa forma, é necessário que seja feita a calibração do processo de queima com amostra de agregados e de ligante asfáltico utilizados na composição da mistura asfáltica a ser ensaiada.

4 DEFINIÇÕES

4.1 Agregado

Materiais naturais, podem ser obtidos diretamente da natureza, sendo apenas beneficiado por um processo de lavagem e/ou de cominuição, como a pedra britada e seixo rolado. Sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades estabelecidas para uso em obras de engenharia civil.

4.2 Fíler

Material finamente pulverizado, com diâmetro inferior a 0,075 mm se:

a) natural, constituído da mesma mineralogia dos agregados e;

b) artificial como: cal CH-I, cimento, pó calcáreo ou outo material.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

4.3 CAP

Cimento asfáltico de petróleo (CAP), substâncias compostas por hidrocarbonetos pesados, com propriedades ligantes, inflamáveis, de elevada viscosidade em temperatura ambiente, e que ocorrem na natureza ou são obtidos por fabricação, a partir da destilação do petróleo. No Brasil são regulamentos através do Regulamento técnico nº 03/200/ ANP (12/07/2005).

a) Ligante asfáltico modificado por polímero

São CAPs que foram adicionados polímeros (aditivos químicos e elastômeros) a sua constituição de forma a modificar (melhorar) as propriedades reológicas do CAP. No Brasil são regulamentados através do Regulamento técnico nº 04/2010 e Resolução nº 32 (21/10/2010) da ANP.

b) Ligante asfáltico modificado por borracha (AMB)

São CAPs que foram adicionados borracha de pneu moído a sua constituição de forma a modificar (melhorar) as propriedades reológicas do CAP. No Brasil são regulamentosados através do Regulamento técnico nº 05/2008 e Resolução nº 39 (24/12/2018) da ANP

4.4 Mistura Asfáltica

Mistura de agregados atendendo uma determinada faixa granulométrica e ligante asfáltico produzida em usina de asfalto pelo processo de usinagem a quente.

4.5 Sistema de queima por convecção

O sistema de queima por convecção é considerado um processo de transmissão de calor que ocorre no interior do forno em virtude dos movimentos ascendente e descendente de um fluido aquecido devido a um desequilíbrio térmico. O fluxo de ar no interior do forno pode ser forçado.

4.6 Sistema de queima por irradiação

Sistema de queima por irradiação é um processo em que uma fonte irradia calor diretamente sobre a amostra.

5 APARELHAGEM E MATERIAL

5.1 Aparelhagem

a) Balança com capacidade de 10 kg, sensível ao 0,1 g, capaz de medir a massa do conjunto: amostra, cesto aramado e bandeja.

b) Suporte para acomodação da amostra de mistura asfáltica durante a queima, formado por duas bandejas quadradas acopladas, de tela de aço inoxidável com furos de diâmetros entre 3,35 mm e 0,6 mm e tampa, acomodadas sobre uma bandeja inferior de chapa, também de aço inoxidável, com abas que possibilite o encaixe de haste utilizada para colocação e remoção do conjunto no forno. Fixação das duas bandejas quadradas à bandeja inferior por meio de duas alças presas a bandeja inferior.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

c) Haste de manuseio, com adaptação na extremidade para encaixes nas abas da bandeja inferior, com estrutura compatível para sustentar e introduzir o conjunto: bandejas quadradas com a amostra da mistura asfáltica e badeja inferior no interior do forno e remover o conjunto quando ainda quente.

d) Utensílios: espátulas, panelas, tigelas e escovas de aço para o preparo da amostra de mistura asfáltica para o ensaio e remoção dos agregados do recipiente de tela, do suporte aramado e da bandeja de inox após a queima.

e) Luvas de kevlar com punho longo, capazes de resistir a 580 ºC.

f) Estufa capaz de manter a temperatura de 105 ºC a 110 ºC

g) Forno de ignição capaz de aquecer a amostra pelos métodos de convecção ou por irradiação direta e deve possuir os seguintes requisitos:

h) Capacidade de manter durante o período de queima do ensaio a temperatura mínima de 540 ºC ± 5 ºC.

i) Balança interna, com capacidade mínima de pesagem de 5.000 g (sens. 0,1 g) de amostra de mistura asfáltica além da massa das bandejas, acoplada a uma impressora que, conforme a redução da massa da amostra for ocorrendo durante o processo de queima, seja capaz de emitir relatório de pesagem com o teor de ligante asfáltico determinado automaticamente.

j) Câmara do forno com tamanho suficiente para receber o conjunto: suporte aramado contendo o recipiente de tela em inox com cerca de 2500 g de amostra de mistura asfáltica debulhada e a bandeja em inox.

k) Sistema capaz de reduzir a um nível aceitável, as emissões de gases produzidos pelo forno durante a queima, por processo de requeima e filtragem dos gases.

l) Possuir sistema de exaustão dos gases, durante a queima, através de dutos instalados na parte superior do forno e condução para área externa do laboratório.

m) O forno deverá possuir sistema de ventilação interna forçada que propicie uma pressão interna negativa, não possibilitando que os gases gerados com a queima do ligante asfáltico escape para o meio externo, evitando-se assim, vazamentos de gases de queima dentro do laboratório.

n) Por questão de segurança, a porta do forno deverá ser equipada com sistema de trava que impeça a sua abertura durante realização do ensaio de ignição.

o) Substituição dos filtros, se necessários, conforme recomendação pelo fabricante do equipamento.

6 AMOSTRAGEM

A mistura asfáltica deve ser amostrada de acordo com a ASTM D 979[(1)].

6.1 Preparação da Amostra

a) Aquecer a amostra em estufa a 110 ± 5 °C em um tempo suficiente para o seu debulhamento manual.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

b) Proceder o quarteamento da amostra até se obter a massa necessária para execução do ensaio.

6.2 Quantidade de Amostra

A massa mínima de amostra para ensaio é função do diâmetro máximo do agregado da mistura asfáltica, conforme apresentado na Tabela 1:

Tabela 1 – Massa da amostra de mistura asfáltica para ensaio

Diâmetro Máximo do Agregado	Massa Mínima da Amostra (g)
4,76	500
9,5	1000
12,5	1500
19	2000
25	3000
37,5	4000

7 EXECUÇÃO DO ENSAIO

7.1 Calibração do Forno (C_f)

O tipo mineralógico do agregado pode afetar o resultado do ensaio, pois durante a ignição ocorre perda de água de cristalização do agregado, bem como se o CAP contiver aditivos e/ou modificadores. Portanto, a calibração do equipamento, é imprescindível para a correta determinação do teor de ligante asfáltico. A amostra a ser utilizada na calibração deverá ser exatamente igual à que será ensaiada.

Na determinação da calibração é possível a utilização, tanto da amostra de mistura asfáltica como a amostra dos agregados que a compõem, conforme descrito abaixo:

a) Método A – Utilizar a mistura asfáltica, se no ligante asfáltico contenha aditivos e/ou agentes modificadores que possam alterar a determinação do fator de calibração.

b) Método B – Utilizar amostras de agregados que compõem a mistura asfáltica, caso ligante asfáltico não contenha aditivos e/ou agentes modificadores que possam alterar a determinação do fator de calibração.

7.2 Calibração – Método A

a) No preparo da amostra de agregados a ser utilizada na calibração deverá ter a mesma massa e granulometria que mistura asfáltica que será ensaiada.

b) A amostra de ligante asfáltico a ser utilizada na calibração deverá ser do mesmo tipo do constituinte da mistura asfáltica a ser ensaiada.

c) Secar as amostras de agregado na estufa 105 ºC a 110 ºC até uma massa constante.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

d) Aquecer os agregados e o cimento asfáltico a aproximadamente 150 °C. Aquecer as tigelas e ferramentas a aproximadamente 150 °C.

e) Antes da mistura das amostras de calibração, preparar uma "mistura para untar" o tacho, no teor ótimo de CAP definido no projeto. A finalidade da "mistura para untar" é condicionar o tacho utilizado para a misturação, propiciando um revestimento de ligante asfáltico em suas paredes. Remova e descarte a "mistura para untar" do tacho por raspagem, deixando uma camada uniforme de resíduo da mistura asfáltica, nas paredes.

A finalidade de se untar as paredes do tacho é o de se evitar que o teor de ligante asfáltico nas amostras utilizadas na calibração seja alterado devido a provável retenção de ligante asfáltico no tacho, diminuindo o teor de ligante asfáltico definido para a mistura e que será o valor padrão para a calibração.

a) Preparar três amostras para calibração no teor de asfalto do projeto (P) e massa mínima de conforme descrito no item 7.3 e, incorpore aditivos e modificadores se forem utilizados na mistura a ser ensaiada posteriormente.

b) As amostras preparadas devem ser mantidas em estufa na temperatura de usinagem definida na dosagem por 2h.

c) Deixar a amostra esfriar e debulhar os grumos de mistura e colocar no recipiente com tela de inox (de massa conhecida) e medir a massa da amostra (MI).

d) Acondicionar a tela de inox dentro do suporte aramado e posicioná-lo sobre a bandeja de inox.

e) Aquecer a amostra de calibração no forno nas condições:

- se do tipo convecção a temperatura de 540 ± 5 ºC; ou
- se do tipo de forno de irradiação direta utilizar o modo pré definido pelo fabricante.

Em ambos os casos aquecer a mistura asfáltica até que a variação na massa da amostra, em três intervalos consecutivos de 1 min., não exceda 0,01% da massa da amostra (MI).

f) Medir e anotar a massa (ML) da amostra após a ignição com precisão de 0,1 g. A massa pode ser obtida imediatamente após a conclusão do ensaio na impressora ou no visor do aparelho.

g) Calcular o fator de calibração (CF) com a equação (1)

$$C_F = \left(\frac{M_I - M_L}{M_I} \times 100 \right) - P \qquad (1)$$

Onde: C_F = fator de calibração (%)
M_I = massa inicial da amostra de mistura asfáltica (g)
M_L = massa de agregados da mistura asfáltica após a ignição (%)
P = Porcentagem do teor de ligante asfáltico na mistura (%).

h) Repetir as operações dos itens 8.1.8 a 8.1.13, para as duas amostras de calibração adicionais. Calcular o fator de calibração médio (CF) pela média aritmética dos três valores CF.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

i) Ajustes da Calibração da Temperatura - Condições:

Forno com queima tipo convecção:

- se o fator de calibração for superior a 1%, baixar a temperatura do ensaio de 540 ± 5°C para 482 ± 5 °C e repetir as operações de calibração.
- usar o fator de calibração obtido a 482 °C mesmo se ele excede 1%.

Forno com queima tipo irradiação direta:

O perfil de queima pré estabelecido pelo fabricante, poderá ser usado para a maioria dos materiais. O operador pode selecionar o programa de queima: opção 1 ou opção 2, para otimizar o ciclo de queima:

- opção 1 é indicada para agregados com o fator de correção maior que 1% e
- opção 2 é indicada para amostras que podem não queimar, completamente, usando o programa de queima pré estabelecido pelo fabricante.

7.3 Calibração – Método B

a) No preparo da amostra de agregados a ser utilizada na calibração deverá ter a mesma massa e granulometria que mistura asfáltica que será ensaiada, incluindo a fração de fíler.

b) Fracionar a amostra no mínimo em três frações conforme apresentado na Tabela 2

Tabela 2 – Frações para composição da amostra de agregados para determinação do fator de calibração

Material	Fração (mm)
Grosso	# > 4,76
Fino	4,76 > # > 0,075
Fíler	# < 0,075

c) Secar as amostras de agregado na estufa 105 ºC a 110 ºC até uma massa constante.

d) Deixar a amostra esfriar e colocar no recipiente com tela de inox (de massa conhecida) e mediar a massa da amostra (MI).

e) Acondicionar a amostra de agregados na tela de inox, na sequência: agregado grosso, fino e por fim a fração de fíler.

f) Repetir as operações descritas nos itens: 8.1.9 a 8.1.14.

7.4 Procedimento de Ensaio

a) Obter uma amostra da mistura asfáltica de acordo com o descrito no item 7.3.

b) Secar a amostra da mistura asfáltica em estufa até constância de massa à temperatura de 110 ± 5 °C.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

c) Debulhar a mistura asfáltica a ser ensaiada de forma a reduzir os grumos de mistura e medir com precisão de 0,01 a massa de mistura asfáltica (MB).

d) Distribuir uniformemente a amostra nas duas bandejas quadradas e fixar com auxílio das alças as duas bandejas sobre a bandeja inferior.

e) Em função do tipo de mistura asfáltica a ser ensaiada, ajustar a temperatura do forno ou o programa de queima de acordo como descrito no item 8.1.5. Por questão de segurança, a amostra pode ser colocadas no interior do forno em temperaturas mais baixas, desde que o forno aqueça na temperatura desejada quando a amostra começa a incinerar. A temperatura do forno deverá aumentar durante a fase de ignição do ensaio até a temperatura definida.

f) Com o auxílio da haste (item 6.1.3) introduzir o conjunto: bandejas quadradas, amostra de mistura asfáltica e bandeja inferior no interior do forno. Ligar o equipamento e aquecer a amostra na temperatura especificada, até constância de massa com a diferença inferior a 0,01% da massa da amostra (MB) para três medições consecutivas no intervalo de 1 min. Este ponto será determinado, automaticamente, pelo sistema de registros de dados do forno, como finalização do ensaio. O equipamento deverá prover a impressão dos resultados dos ensaios

g) O sistema de registros de dados do forno permite a medição e o registro automático da massa de agregado (MA) da amostra após a ignição com a precisão de 0,1g. Essa massa será obtida imediatamente após a conclusão do ensaio pela subtração da massa perdida medida pelo forno da massa inicial da mistura (MB) e, emitindo um relatório com as massas: de ligante asfáltico e agregado e o respectivo teor de ligante asfáltico da mistura.

h) A determinação do teor de ligante asfáltico da mistura (AC) testada deverá ser calculada aplicando a equação 2:

$$A_C = \left(\frac{M_B - M_A}{M_B} \times 100\right) - C_F \qquad (2)$$

Onde: AC= Teor de ligante asfáltico corrigido (%),
MA = massa total do agregado remanescente após a ignição (g),
MB = massa total da amostra de mistura asfáltica antes da ignição (g),
CF = fator de calibração obtido no item 6,5 e introduzido no sistema de coleta de dados do forno.

Nota: A temperatura ou o programa de queima de amostras de misturas asfálticas descritos deverá ser a mesma temperatura ou programa de queima utilizado do procedimento de calibração da amostra.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

8 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Na apresentação dos resultados deverão constar as seguintes informações:

a) Identificação da mistura asfáltica
b) Características dos agregados e do ligante asfáltico .
c) Tipo de mistura asfáltica e faixa granulométrica.
d) Dados da calibração do forno.
e) Massa da amostra de mistura asfáltica antes e após a incineração.
f) Teor de ligante asfáltico/Mistura e de ligante asfáltico/Agregados, com precisão de 0,01%
g) Distribuição granulométrica dos agregados isentos de CAP, se o ensaio foi realizado.

9 SEGURANÇA

As temperaturas de operação do forno são extremamente elevadas, assim, após a finalização do ensaio para a remoção do conjunto: suporte aramado, da tela com amostra de agregado e a bandeja de inox deve ser utilizado a haste de remoção com a utilização de máscara, luva de kevlar, e avental. Após a remoção colocar o conjunto sobre uma superfície plana e aguardar o resfriamento para o manuseio.

Cuidados devem ser tomados em todo o tempo quando do manuseio desses itens, pois, qualquer descuido poderá resultar em sérios ferimentos, severas queimaduras ou fogo.

Preferencialmente, colocar o conjunto dentro de uma gaiola de segurança distantes de quaisquer materiais que sejam sujeitos à ignição nas altas temperaturas usadas nesse procedimento. O manual de instrução do fabricante do forno deve ser seguido para se tomar todas as precauções necessárias

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 979**. Standard Practice for Sampling Bituminous Paving Mixtures. Pennsylvania, 2016.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.