

INSTITUTO BRASILEIRO DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS - IBRAOP

INSTITUTO RUI BARBOSA – IRB / COMITÊ OBRAS PÚBLICAS

PROC–IBR–ROD 104/2017
Análise da Estabilidade, Fluência e Resistência à Tração de
Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria

Primeira edição válida a partir de: ___/___/_____

www.ibraop.org.br

www.irbcontas.org.br

1. OBJETIVOS/JUSTIFICATIVAS

O procedimento tem por objetivo orientar a Equipe de Auditoria quanto à avaliação da estabilidade, fluência e resistência à tração de camadas de concretos asfálticos.

A determinação desses parâmetros servirá de subsídio para a avaliação:

a) da qualidade do concreto asfáltico executado (PROC-IBR-ROD 112/2018 – Análise da Conformidade Qualitativa de Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria); e

b) da compatibilidade entre o concreto asfáltico efetivamente executado e o traço apresentado (PROC-IBR-ROD 107/2018 – Análise da Confiabilidade do Traço Apresentado para as Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria).

A importância desta aferição está na possibilidade de identificar evidências quanto à execução de camadas de concretos asfálticos com parâmetros de estabilidade, fluência e resistência à tração inadequados, podendo reduzir o desempenho e a vida útil da camada asfáltica, com consequente desperdício de dinheiro público e dispêndio precoce de recursos para a manutenção da via.

Este procedimento abordará a aferição dos parâmetros de estabilidade, fluência e resistência à tração de camadas de concreto asfáltico a partir da extração de amostras por extratora rotativa, conforme PROC-IBR-ROD 101/2016 – Extração de Amostras de Concreto Asfáltico para Fins de Auditoria, ou por meio da moldagem de corpos de prova, conforme PROC-IBR-ROD 109/2018 – Obtenção dos Parâmetros do Concreto Asfáltico por meio da Moldagem de Corpos de Prova para Fins de Auditoria.

2. EQUIPAMENTOS/INSTRUMENTOS NECESSÁRIOS

- Prensa Marshall/CBR, preferencialmente digital microprocessada (automatizada);
- Moldes para compressão Marshall (placa de ruptura) e para tração indireta (pórtico de Lottman);
- Paquímetro;
- Banho-maria para amostras Marshall;
- Estufa com controle de temperatura;
- Sistema de climatização que permita manter a temperatura ambiente em 25°C;
- Serra policorte de bancada ou outro que permita o corte uniforme do corpo de prova.

3. PROCEDIMENTO

A Equipe de Auditoria deve, primeiramente, tomar nota, quanto ao traço que teria sido elaborado para o concreto asfáltico executado, dos valores de estabilidade, fluência e resistência à tração.

Devem também ser observados os relatórios de controle tecnológico emitidos pela equipe de fiscalização direta da obra, que devem especificar os parâmetros de referência considerados.

A análise da Equipe de Auditoria pode também levar em conta os demais dados disponíveis sobre a execução da obra.

A Equipe de Auditoria deve extrair e preparar os corpos de prova conforme PROC-IBR-ROD 101/2016 – Extração de Amostras de Concreto Asfáltico para Fins de Auditoria. Como os parâmetros ora tratados podem variar em razão do grau de compactação do corpo de prova extraído, os corpos de prova a serem selecionados para a avaliação deste procedimento devem possuir um grau de compactação de 100%, com variação de mais ou menos 0,5%, conforme o PROC-IBR-ROD 110/2018 – Análise do Grau de Compactação de Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria, salvo quando a norma aplicável ao caso concreto admita a extração de corpo de prova na pista para avaliar esses parâmetros.

Se oportuno, os corpos de prova também poderão ser preparados a partir de moldagem, conforme o PROC-IBR-ROD 109/2018 – Obtenção dos Parâmetros do Concreto Asfáltico por meio da Moldagem de Corpos de Prova para Fins de Auditoria.

Considerando que serão realizados dois ensaios destrutivos, um relativo à estabilidade e fluência e outro referente à resistência à tração, a Equipe de Auditoria deve previamente selecionar os corpos de prova que serão utilizados para um ou outro ensaio.

A espessura a ser considerada para cada corpo de prova em ambos os procedimentos será determinada pela média aritmética simples de quatro medidas tomadas ao longo de seus perímetros, por meio da utilização de paquímetro, resultando num valor médio denominado h , em milímetros para o ensaio de estabilidade e fluência, ou denominado H , em centímetros para o ensaio de resistência à tração.

3.1. ESTABILIDADE E FLUÊNCIA

A Equipe de Auditoria deve determinar a estabilidade e a fluência das camadas de concretos asfálticos conforme a norma DNER-ME 043/95– Misturas Betuminosas à Quente – Ensaio Marshall, considerando as particularidades expressas no presente documento.

De posse dos corpos de prova para esses ensaios e anotadas suas respectivas espessuras, a Equipe de Auditoria deve imergi-los em banho-maria a 60°C, com tolerância de $\pm 1^\circ\text{C}$, pelo tempo de 30 a 40 minutos. Alternativamente, os corpos de prova podem ser aquecidos em estufa por um período de 2 horas, a 60°C.

Paralelamente, a Equipe de Auditoria deve aquecer os moldes de compressão a uma temperatura de 21 a 38°C. Os moldes devem estar limpos e com os pinos-guias lubrificados.

Em seguida, o corpo de prova deve ser enxugado e colocado de maneira centralizada no molde de compressão, sendo o conjunto posteriormente posicionado na prensa Marshall, observando-se que o tempo entre a retirada do corpo de prova do banho-maria e o seu rompimento não deve exceder 30 s.

Se possível, deve ser utilizada Prensa Marshall digital microprocessada (automatizada), que controlará automaticamente a velocidade do ensaio, a carga de rompimento do corpo de prova (estabilidade) e a deformação correspondente (fluência).

A carga, em N ou kgf, necessária para produzir o rompimento do corpo de prova deve ser anotada como “estabilidade lida”. Essa medida deve ser inicialmente multiplicada pela constante de aferição da prensa, se for o caso. Em seguida, o valor calculado deve ser corrigido de acordo com a espessura do corpo de prova ensaiado (h) a partir da sua multiplicação pelo fator correspondente (f), conforme fórmulas indicadas a seguir^[1]:

Espessura Média (h)	Fórmula do fator de correção (f)
$25,4 \text{ mm} \leq h \leq 34,9 \text{ mm}$	$f = 1010,6 \times h^{-1,61}$
$34,9 \text{ mm} < h \leq 44,4 \text{ mm}$	$f = 14904 \times h^{-2,361}$
$44,4 \text{ mm} < h \leq 54 \text{ mm}$	$f = 2597,7 \times h^{-1,903}$
$54 \text{ mm} < h \leq 63,5 \text{ mm}$	$f = 1094,6 \times h^{-1,686}$
$63,5 \text{ mm} < h \leq 76,2 \text{ mm}$	$f = 515,81 \times h^{-1,506}$

3.1.1. Análise dos dados

A Equipe de Auditoria, em conformidade com os resultados da estabilidade e fluência dos corpos de prova, deverá reavaliar os trechos homogêneos considerados no plano de amostragem, e, se for o caso, dividir novamente a via em diferentes trechos. Para cada trecho homogêneo, a Equipe de Auditoria deverá calcular a média da estabilidade e da fluência dos corpos de prova daquele trecho homogêneo, denominada Estabilidade e Fluência Média Auditada em Campo (e_c e f_c).

A estabilidade e a fluência a serem adotadas (e_A e f_A) pela Equipe de Auditoria serão, em regra, as obtidas do controle tecnológico realizado pela equipe de fiscalização, supervisão ou execução da obra, caso não pesem dúvidas sobre a sua validade material e documental, conforme o PROC-IBR-ROD 116/2018 – Análise de Confiabilidade do Controle Tecnológico para Fins de Auditoria, e desde que essas medidas não sejam superiores ou inferiores a 25% das Médias Auditadas em Campo (e_c e f_c).

Essa tolerância pode ser majorada ou minorada a depender da quantidade e precisão dos dados obtidos pela Equipe de Auditoria no caso concreto.

Se e_A e f_A decorrerem do controle tecnológico da equipe de fiscalização, supervisão ou execução da obra, deve ser efetuado o tratamento estatístico previsto no item 7.5 na Norma DNIT 031/2006 – ES – Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço.

Quanto à estabilidade, são considerados não-conformes os trechos que possuam valores inferiores ao maior dos seguintes: o estabelecido em contrato, o definido no traço que teria sido elaborado para o concreto asfáltico executado, e o indicado na Norma DNIT 031/2006 – ES ou, ainda, numa outra norma pertinente ao caso concreto.

Já quanto à fluência, são considerados não-conformes os trechos que possuam valores fora da faixa estabelecida em contrato, no traço que teria sido elaborado para o concreto asfáltico executado ou em norma pertinente ao caso concreto.

Se e_A e f_A forem decorrentes das medições em campo (e_c e f_c), esses valores devem ser diretamente comparados com as referências indicadas nos parágrafos anteriores.

3.2. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

A Equipe de Auditoria deverá determinar a resistência à tração por compressão diametral das camadas de concretos asfálticos, conforme previsto na Norma DNIT 136/2010 – ME Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio, considerando as particularidades expressas no presente documento.

De posse dos corpos de prova para esse ensaio e anotadas suas respectivas espessuras em centímetros (H), a Equipe de Auditoria deve determinar o diâmetro pela média aritmética simples de três medidas tomadas em cada corpo de prova, por meio da utilização de paquímetro, resultando num valor médio denominado D , também em centímetros.

As espessuras do corpo de prova devem estar entre 3,5 e 6,5 cm, o que pode ser adequado a partir do corte das amostras para posterior ensaio.

De posse dos corpos de prova e anotadas suas respectivas espessuras (H) e diâmetros (D), a Equipe de Auditoria deverá processar o ensaio conforme a já mencionada Norma DNIT 136/2010, adotando-se a temperatura de ensaio de 25°C, de modo a possibilitar a comparação com os critérios da Norma DNIT 031/2006.

Para cada corpo de prova, deverá ser anotada a resistência à tração diametral correspondente (σ_R), em MPa, mediante a utilização da seguinte equação:

$$\sigma_R = \frac{2 (9,81 F)}{100 \pi D H}$$

Onde F é a carga de ruptura em Kgf, D é o diâmetro em centímetros e H é a espessura também em centímetros.

3.2.1. Análise dos dados

A Equipe de Auditoria, em conformidade com os resultados de resistência à tração dos corpos de prova, deverá reavaliar os trechos homogêneos considerados no plano de amostragem, e, se for o caso, dividir novamente a via em diferentes trechos homogêneos. Para cada trecho homogêneo, a Equipe de Auditoria deverá calcular a média da resistência à tração dos corpos de prova daquele trecho homogêneo, denominada de Resistência à Tração Média Auditada em Campo (R_C).

A resistência à tração a ser adotada (R_A) pela Equipe de Auditoria será, em regra, a obtida do controle tecnológico realizado pela equipe de fiscalização, supervisão ou execução da obra, caso não pesem dúvidas sobre a sua validade material e documental, e desde que esta medida não seja superior ou inferior a 25% da Resistência à Tração Média Auditada em Campo (R_C).

Se R_A decorrer do controle tecnológico da equipe de fiscalização, supervisão ou execução da obra, deve ser efetuado o tratamento estatístico previsto no item 7.5 na Norma DNIT 031/2006.

São considerados não-conformes os trechos que possuam valores inferiores ao maior dos seguintes valores: o estabelecido em contrato, o definido no traço que teria sido elaborado para o concreto asfáltico executado, e o indicado na Norma DNIT 031/2006 – ES ou, ainda, numa outra norma pertinente ao caso concreto.

Se R_A for decorrente das medições em campo (R_C), esse valor deve ser diretamente comparado com a referência indicada no parágrafo anterior.

A constatação de trechos não-conformes no que tange aos elementos tratados neste procedimento pode impactar a conclusão acerca da qualidade do pavimento, o que merece avaliação no âmbito do procedimento PROC-IBR-ROD 112/2018 – Análise da Conformidade Qualitativa de Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria.

Além dos procedimentos indicados acima, cabe à Equipe de Auditoria verificar a aplicabilidade de normas técnicas específicas e efetuar análises complementares segundo sua experiência profissional e situação fática.

4. DOS POSSÍVEIS ACHADOS DE AUDITORIA

a) Camada de concreto asfáltico com estabilidade, fluência e/ou resistência à tração não-conforme em relação ao contrato, ao traço e/ou às normas técnicas, em afronta ao disposto nos artigos 66 e 76 da Lei n.º 8.666/93;

b) Medição contratual da camada de concreto asfáltico com estabilidade, fluência e/ou resistência à tração em desacordo com o contrato, o traço e/ou as normas técnicas, contrariando os artigos 66 e 76 da Lei n.º 8.666/1993 e artigos 62 e 63 da Lei n.º 4.320/1964.

5. DOCUMENTOS PARA INSTRUÇÃO PROCESSUAL

- a) Cópia das especificações do Projeto de Pavimentação e traço apresentado;
- b) Fichas de aferição dos ensaios de estabilidade, fluência e resistência à tração;
- c) Boletins de Medição dos serviços de concreto asfáltico, respectivas memórias de cálculo e ensaios laboratoriais da fiscalização, supervisora ou empresa executora.

6. NORMAS TÉCNICAS RELACIONADAS

A relação apresentada a seguir não é exaustiva, sendo necessário que a Equipe de Auditoria considere as atualizações, revisões, exclusões e inclusões de novas orientações, normas e aspectos legais:

- Norma DNIT 031/2006 – ES – Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço;
- Norma DNER 043/95 – ME – Misturas Betuminosas à Quente – Ensaio Marshall;
- Norma DNIT 136/2010 – ME Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio;
- OT-IBR nº 005/2012 – Apuração de sobrepreço e superfaturamento em obras públicas;
- PROC-IBR-ROD 101/2016 – Extração de Amostras de Concreto Asfáltico para Fins de Auditoria;
- PROC-IBR-ROD 107/2018 – Análise da Confiabilidade do Traço Apresentado para as Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria;
- PROC-IBR-ROD 109/2018 – Obtenção dos Parâmetros do Concreto Asfáltico por meio da Moldagem de Corpos de Prova para Fins de Auditoria;
- PROC-PROC-IBR-ROD 112/2018 – Análise da Conformidade Qualitativa de Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria.