

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS COM O DENSÍMETRO ELÉTRICO

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Maio de 2020



DESIGNAÇÃO - ARTERIS T- 100

Revisão 4

Método Padrão de Ensaio para

Determinação da Densidade de Pavimentos Asfálticos com o Densímetro Elétrico.

Revisão 4: maio de 2020 (ARTERIS T 100)

1. ESCOPO

Este método tem por objetivo determinar a densidade de pavimentos asfálticos em execução ou recém executados através da utilização do densímetro elétrico.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

PQI T-380 – Pavement Quality Indicator

3. TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO

Para determinação da densidade de pavimentos asfálticos, o densímetro elétrico utiliza a tecnologia de espectroscopia de impedância, que consiste em colocar a amostra do material sob investigação entre dois eletrodos, aplicar um estímulo elétrico e medir a resposta resultante.

4. TERMINOLOGIA

Massa específica aparente de sólidos: é a razão entre o peso de amostra e seu determinado volume.

5. SIGNIFICADO E UTILIZAÇÃO

O Densímetro Elétrico tem por objetivo determinar, através de processo não destrutivo, a massa específica aparente da camada de revestimentos asfálticos em execução ou recém construídos, bem como o mapeamento de locais não conformes para correções pontuais em acordo com a diretoria de manutenção e conserva da Arteris. A massa específica aparente é utilizada para calcular valores de porcentagem de vazios de ar (%Va) em uma mistura asfáltica usinada a quente compactada.

6. APARELHO E REQUISITOS OPERACIONAIS

Para realização das medidas, deve ser utilizado o aparelho Transtech, modelo PQI T-380, conforme modelo abaixo:

Figura 1 Densímetro Elétrico



Fonte: Manual Pavement Quality Indicator

- Temperatura ambiente: -20 ° a 40 ° C
- Umidade relativa: 10% a 90%, sem condensação

7. CONFIGURAÇÃO DO DENSÍMETRO

Antes de utilizar o densímetro PQI T-380 pela primeira vez é necessário realizar a configuração de parâmetros conforme abaixo:

- Iniciar o aparelho;
- Definir a data e hora local;
- Configuração do GPS;
- Configurar as unidades de medida;
- Inserir os detalhes da obra;
- Inserir os parâmetros da mistura asfáltica a ser avaliada;
- Ativar o armazenamento de dados;
- Iniciar o levantamento no modo média de 5 pontos.

8. CALIBRAÇÃO DO OFFSET

Para melhores resultados, o método de calibração do corpo de prova é o método mais preciso para se calibrar o PQI T-380.

É necessário realizar a calibração do “OFFSET” para cada tipo de mistura asfáltica a ser avaliada.

As medições de densidade para determinação do “OFFSET” deverão ser realizadas quando a temperatura do pavimento se encontrar o mais próximo possível da temperatura em que serão realizadas as medições finais, para fins de controle de qualidade.

Deverão ser tomados dois valores de OFFSET, necessários para determinação do intervalo de densidade confiável para cada ponto de análise.

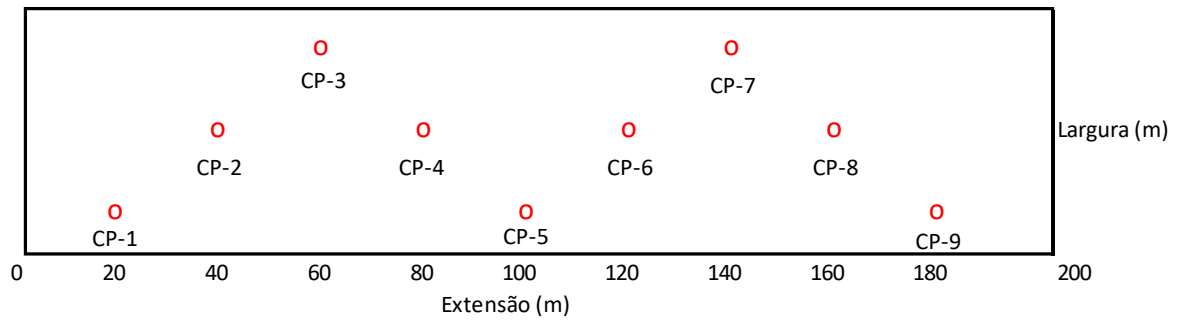
Para calibração do “OFFSET”, é imprescindível que a mistura asfáltica apresente as características de projeto conforme condições abaixo:

- Teor de ligante dentro da tolerância admissível $\pm 0,2\%$ do teor ótimo de projeto.
- A granulometria deve atender as tolerâncias admissíveis da faixa de trabalho.
- A massa específica efetiva da mistura de agregados, não pode apresentar variações acima das tolerâncias admissíveis em projeto $\pm 0,040 \text{ g/cm}^3$.
- A quantidade de corpos de prova para definição do “OFFSET” deve ser igual ou superior a 9 amostras, em sequência alternada de posicionamento, bordo direito, eixo e bordo esquerdo, conforme esquema abaixo. Uma vez que os dados de OFFSET são tratados estatisticamente, recomenda-se a utilização de quantidade superior de corpos de prova, se possível superior a 21 amostras, de forma a se reduzir o coeficiente “k”, conforme cálculos abaixo.

NOTA₁: A quantidade de amostras para verificação da densidade dos pavimentos asfálticos deverá ser sempre igual ou superior a quantidade de amostras tomadas para determinação dos valores de OFFSET.

NOTA₂: Deverão ser considerados apenas corpos de prova com volume de vazios entre 3% e 8% para determinação dos valores de OFFSET. Qualquer corpo de prova que não satisfaça esta condição, deverá ser eliminado da análise.

Figura 2 Determinação dos Pontos de Ensaio



Fonte: CDT (Centro de Desenvolvimento Tecnológico)

$$\bar{X} = \frac{\Sigma(dcp) - \Sigma(dPQI)}{n}$$

$$d = \sqrt{\frac{\Sigma(Xi - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$OFFSET1 = \bar{X} - kd$$

$$OFFSET2 = \bar{X} + kd$$

Onde:

\bar{X} = Média da diferença entre a massa específica aparente dos corpos de prova de pista subtraída da média do densímetro (PQI).

d = Desvio padrão das amostras

$\Sigma(dcp)$ = somatória das densidades aparentes dos corpos de prova de pista

$\Sigma(dPQI)$ = somatória das densidades aparentes do densímetro PQI

N = Número de amostras

K = Coeficiente multiplicador em função da quantidade de amostras utilizadas para determinação do OFFSET

OFFSET = fator de ajuste

Tabela 1 – K coeficiente multiplicador

Número N de amostras																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00

Fonte: CDT (Centro de Desenvolvimento Tecnológico)

A tabela abaixo mostra o exemplo para determinação do OFFSET superior e inferior, através da avaliação das diferenças entre as massas específicas de pista (corpos de prova) e a densidade obtida pelo densímetro elétrico.

Figura 3 Dados para determinação do OFFSET

Localização	CP-1	CP-2	CP-3	CP-4	CP-5	CP-6	CP-7	CP-8	CP-9	CP-10
Massa Específica Aparente CP (g/cm³)	2,420	2,297	2,376	2,354	2,389	2,377	2,406	2,340	2,388	2,359
Densidade PQI (g/cm³)	2,340	2,325	2,330	2,345	2,338	2,333	2,335	2,328	2,338	2,335
Diferença (g/cm³)	0,079	-0,029	0,046	0,010	0,051	0,044	0,071	0,013	0,050	0,024
Média	0,036									
Desvio Padrão	0,032									
N	10									
K	1,21									
OFFSET 1	-0,003									
OFFSET 2	0,075									

Fonte: CDT (Centro de Desenvolvimento Tecnológico)

Uma vez que deverão ser utilizados dois valores de OFFSET, os mesmos deverão ser inseridos posteriormente no laboratório.

9. PROCEDIMENTO AVALIAÇÃO DA CAMADA ASFÁLTICA EXECUTADA

O controle de espessura deve ser realizado na caixa de fresagem a cada 20 metros pela média aritmética de, no mínimo, 3 (três) medidas, com linha e trena, (bordo esquerdo, centro e bordo direito).

As leituras com o densímetro elétrico, não podem ser realizadas após períodos de chuva ou com o pavimento molhado. Antes do início do levantamento, o responsável pela fiscalização da Arteris deverá verificar a configuração do densímetro conforme os passos abaixo:

- “Standartization” Padronização dos anéis de leitura (a placa é exclusiva para cada densímetro);
 - “Project” Verificação das informações da obra;
 - “Moldes” O modo de leitura a ser utilizado, será a média de 5 pontos;
 - “Units” Unidades de medida (SI);
 - “Mix” Parâmetros da mistura asfáltica e espessura de medição
- NOTA: A espessura de medição mínima deverá ser de 35mm.**
- “Date & Time” Data e hora conforme horário local;
 - “Data Logging” Ativação do armazenamento de dados;

Após a verificação das condições para operação do densímetro elétrico, o responsável pela fiscalização da Arteris deverá definir previamente, através de pré-marcação com tinta, os pontos onde serão realizadas as leituras. Tais leituras devem ser realizadas em intervalos máximos de 10 metros para segmentos com extensão inferior a 400 metros e intervalos máximos de 20 metros para segmentos com extensão superior a 400 metros, em pontos alternados (bordo direito, eixo e bordo esquerdo). Os locais onde apresentarem segregação devem ser removidos antes do início do processo de compactação da mistura asfáltica, em caso da não remoção desses pontos, o responsável pela fiscalização da Arteris, deverá direcionar a pré-marcação exatamente em cima dos pontos segregados, mesmo não tendo apoio total da base do aparelho.

Obs: Apenas a fiscalização da Arteris tem a autonomia para definir os pontos ou relocar caso necessário.

Após realização de todas as leituras do segmento, o responsável pela fiscalização da Arteris deve realizar a importação dos dados imediatamente e enviar ao laboratório responsável para emissão do laudo.

NOTA₃: Não será permitida a utilização do Densímetro Elétrico após a ocorrência de chuvas sobre a camada recém executada.

10. VERIFICAÇÃO DA CONFIABILIDADE DAS LEITURAS

Para aferição das leituras realizadas com o densímetro, deve ser realizado a cada 1.000 m³ ou a cada 10 dias de serviços trabalhados por frente de serviço os ensaios comparativos entre as densidades de pista obtidas através do densímetro e as densidades de pista obtidas através dos ensaios com corpos de prova extraídos.

Obs: A fiscalização da Arteris pode alterar a frequência da verificação da confiabilidade das leituras em função dos resultados obtidos.