

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS EXTRAÍDOS

**C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**

Setembro de 2014



**DESIGNAÇÃO - ARTERIS T- 30-14**

## Método Padrão para Ensaio de

# Análise Granulométrica de Agregados Extraídos

Designação ARTERIS T 30 – 14



---

### 1. ESCOPO

1.1. Este método estabelece um procedimento para a determinação da distribuição por tamanhos das partículas de agregados graúdos e finos extraídos de uma mistura asfáltica, usando peneiras de malha quadrada.

1.2. Os valores padrões adotados estão referenciados em unidades do sistema universal.

---

### 2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

2.1. Normas:

- AASHTO M 92 – Malhas das peneiras nos ensaios
- ARTERIS ET 231 – Instrumentos de pesagem usados em ensaios de materiais
- ARTERIS T 164 – Porcentagem de asfalto de mistura asfáltica para pavimentação
- AASHTO T 255 – Evaporação total de umidade de agregados por secagem
- ARTERIS T 308 – Determinação da porcentagem de ligante asfáltico em misturas asfálticas pelo método de combustão

2.2. Normas ASTM:

- C 670 – Prática para a precisão e variáveis adotadas para métodos de ensaios para materiais de construção

---

### 3. SIGNIFICADO E USO

3.1. Este método é usado para determinar a granulometria de agregados extraídos de uma mistura asfáltica. Os resultados são usados para determinar a adequação da granulometria com os parâmetros das especificações aplicáveis e para fornecer os dados necessários para controle dos vários agregados a serem usados nas misturas asfálticas.

---

### 4. EQUIPAMENTO

4.1. Balança - Uma balança de classe G2 que atenda os requisitos M 231.

4.2. Peneiras – Conforme requerimentos M 92.

4.3 *Agitador mecânico de peneiras* – Um equipamento de peneiramento mecânico, se usado, deve criar movimento das peneiras para agitar, revirar ou também mudar de direção para obtermos diferentes posições do agregado na superfície da peneira. A ação de peneiramento deve ser tal que o critério para aceitação do fim do ensaio, descrito na seção 7 seja atingido em um período razoável de tempo. (Nota 1)

**Nota 1** – O uso de um peneirador mecânico é recomendado quando o tamanho da amostra é de 20 kg ou mais, e pode ser usado para amostras menores, inclusive agregado fino. Um tempo excessivo (acima de 10 minutos) para atingir o peneiramento adequado pode resultar em degradação da amostra. O mesmo peneirador mecânico pode não ser adequado para todos os ensaios, uma vez que o tamanho de uma amostra de agregado graúdo com diâmetro nominal grande exige uma área de peneiramento maior que uma amostra com diâmetro nominal pequeno.

4.4 *Estufa* – Um forno de tamanho apropriado capaz de manter uma temperatura uniforme de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

4.5 *Detergente* – Qualquer agente de dispersão, como um detergente, para promover a separação do material fino.

4.6 *Recipiente* – Uma bandeja ou bacia de tamanho suficiente para conter a amostra coberta com água e para permitir uma agitação vigorosa sem perda de amostra ou água.

4.7 *Colher ou outro aparelho de mistura* – Dispositivo para agitação da amostra durante o procedimento de lavagem

4.8 *Aparelho de lavagem mecânico (opcional)*- Um aparelho mecânico para lavagem (Note 2)

**Nota 2** – O uso de certos aparelhos de lavagem mecânicos pode causar degradação em determinados tipos de materiais, causando impacto na análise dos tamanhos das partículas. Para determinar se um aparelho de lavagem mecânica causa alguma degradação significativa, prepare uma mistura de agregado com graduação conhecida em laboratório, usando agregados similares, lavados e graduados, de modo a se preparar a amostra como especificado na R 35. Lavar mecanicamente e em seguida graduar a mistura preparada da amostra. Compare o resultado de graduação após a lavagem mecânica com a graduação anteriormente conhecida da mistura em laboratório. Se a porcentagem de material passante na peneira N°200 após a lavagem difere mais do que o aceitável entre dois resultados de laboratório indicados na tabela 2, o dispositivo de lavagem mecânica não deve ser utilizado.

---

## 5. CALIBRAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E CHECAGENS

5.1. Salvo indicação contrária, seguir os requisitos e intervalos para a calibração do equipamento, padronizações e checagem encontrados em R 18.

5.2. Siga os procedimentos para calibração, padronização e checagem encontrados em R 61.

---

## 6. AMOSTRA

6.1. A amostra deve consistir de um lote inteiro ou amostra representativa de agregado obtido de acordo com o método T 164 ou T 308 da qual o material asfáltico já tenha sido extraído.

---

## 7. PROCEDIMENTO

7.1. Amostra: Secar a amostra (se necessário), até que ficando mais tempo na estufa à temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ) sua massa não seja alterada mais de 0,1 % (nota 3). Determine e anote a massa da amostra com aproximação de 0.1 g.

**Nota 3** – Amostras obtidas por T 164 ou T 308 devem ser secas até atingir uma massa constante como parte desses procedimentos. Se os procedimentos aqui descritos são completos, continue com os procedimentos descritos em cada um dos métodos, não será necessário secar a amostra novamente. Se passarem mais de 24 horas entre a conclusão do T 164 ou T 308 e o início do ensaio, e se a amostra estiver estocada em um ambiente de alta umidade, ou de outra forma foi submetida a umidade, a amostra deverá ser seca novamente até atingir uma massa constante.

7.1.1 Se a amostra é composta por agregados obtidos à partir de T 164, adicione a massa de matéria mineral contida no ligante asfáltico extraído para a massa da amostra seca e registre esse valor como sendo da massa da amostra inicial (nota 4). O procedimento para determinação da matéria mineral contida no ligante asfáltico extraído é descrito em T 164.

**Nota 4** – Se a mistura asfáltica foi extraída de acordo com T164, método E, para propósitos de controle, a determinação de matéria mineral pode não ter sido concluída. Neste caso, anote a massa determinada na seção 7.1 como massa inicial da amostra.

7.1.2 Se a amostra é composta por agregados obtidos à partir de T 308, a massa determinada na seção 7.1 deverá corresponder com a massa de agregado remanescente após a ignição ( $M_f$  de T 308) com variação máxima de 0.1 por cento. Se a variação exceder 0.1 por cento, os resultados desse teste não deverão ser utilizados por critérios de aceitação. Anote a massa determinada na seção 7.1 como massa inicial da amostra.

7.2. Coloque a amostra num recipiente e cubra com água. Adicione uma quantidade suficiente de detergente para assegurar a total separação do material mais fino que a peneira  $75\mu\text{m}$  (Nº 200) das partículas mais graúdas. Adicione detergente (nota 5). Agite o conteúdo do recipiente vigorosamente e despejar imediatamente a água de lavagem sobre um conjunto de duas peneiras, sendo elas de 2.00-mm (No. 10) ou 1.18-mm (No. 16) sobreposta em uma peneira de  $75\mu\text{m}$  (No. 200) (nota 6). O uso de uma colher larga ou dispositivo similar é recomendado para auxiliar no

processo de agitação do conteúdo do recipiente. Limitar a agitação por aparelhos de lavagem mecânicos a no máximo 10 minutos.

**Nota 5** - Deve haver quantidade suficiente de detergente para produzir pouca espuma, quando a amostra é agitada. A quantidade vai depender da pressão da água, da qualidade do detergente e do processo de agitação. Espuma excessiva poderá derramar sobre as peneiras e carregar algum material com ela.

**Nota 6** – Quando um equipamento de lavagem mecânica é utilizado, a introdução de água, agitação e decantação devem ser uma operação contínua.

7.3. Agite vigorosamente a amostra, para resultar na completa separação das partículas abaixo da peneira de 75µm (Nº 200) das partículas graúdas e colocá-las em suspensão de maneira que possam ser removidas pela decantação da água de lavagem. Cuidados devem ser tomados para evitar, tanto quanto possível, a decantação das partículas graúdas da amostra. A operação deve ser repetida até que a água de lavagem saia limpa.

7.4. Todo o material retido nas peneiras deve retornar para o recipiente. O agregado lavado colocado no recipiente deve ser secado até massa constante pelo T 255 e pesado com aproximação de 0,1 %.

7.5. Os agregados devem ser então peneirados nas peneiras das diversas malhas requeridas pela especificação para a mistura asfáltica, incluindo a de 75µm (Nº 200). Tamanhos de peneiras adicionais podem ser utilizados para regular a quantidade de material sobre uma peneira para atender os requerimentos da seção 7.6. Faça uma pilha com as peneiras em ordem de malha decrescente do topo para o fundo e coloque a amostra na peneira de cima. Agite as peneiras com equipamento mecânico por um período suficiente, estabelecido por tentativas ou verificado numa amostra real, para encontrar o critério para adequação no peneiramento descrito na seção 7.7.

7.6. Limite a quantidade de material numa dada peneira na qual todas as partículas tenham oportunidade de alcançar a malha uma quantidade de vezes durante a operação de peneiramento. Para peneiras com aberturas menores que 4,75 mm (nº. 4), a massa retida em qualquer peneira na conclusão do peneiramento não deve exceder 7 kg/m<sup>2</sup> (4 g/pol.<sup>2</sup>) da superfície da peneira (nota 7). Para peneiras com aberturas de 4,75 mm (nº. 4) ou maiores, a massa em kg não deve exceder o produto de 2,5 x (abertura da peneira em mm) x (Área de peneiramento em m<sup>2</sup>). Para peneiras com aberturas de 4,75 mm (nº. 4) e maiores, essa massa está descrita na tabela 1 para cinco dimensões de malha de peneiras de uso comum. Em nenhum momento a massa deve ser tão grande que cause deformação permanente na malha da peneira.

**Nota 7** – Os 7 kg/m<sup>2</sup> equivalem a 200 g para o diâmetro normal da peneira de 203 mm (8 pol.). A quantidade de material retido numa peneira deve ser regulada (1) pela introdução de uma

peneira com abertura maior imediatamente acima daquela especificada ou (2) ensaiar a amostra em partes menores, ou (3) ensaiar a amostra sobre uma pilha de peneiras com aberturas maiores.

Abertura da peneira	Dimensão nominal da peneira <sup>a</sup>				
	203.2-mm, dia <sup>b</sup>	254-mm, dia <sup>b</sup>	304.8-mm, dia <sup>b</sup>	350 por 350, mm	372 por 580, mm
	Área de peneiramento, m <sup>2</sup>				
	0.0285	0.0457	0.0670	0.1225	0.2158
125 mm (5 pol.)	c	c	c	c	67.4
100 mm (4 pol.)	c	c	c	30.6	53.9
90 mm (3 ½ pol.)	c	c	15.1	27.6	48.5
75 mm (3 pol.)	c	8.6	12.6	23.0	40.5
63 mm (2 ½ pol.)	c	7.2	10.6	19.3	34.0
50 mm (2 pol.)	3.6	5.7	8.4	15.3	27.0
37.5 mm (1 ½ pol.)	2.7	4.3	6.3	11.5	20.2
25 mm (1 pol.)	1.8	2.9	4.2	7.7	13.5
19 mm (¾ pol.)	1.4	2.2	3.2	5.8	10.2
12.5 mm (½ pol.)	0.89	1.4	2.1	3.8	6.7
9.5 mm (⅜ pol.)	0.67	1.1	1.6	2.9	5.1
4.75 mm (Nº 4)	0.33	0.54	0.80	1.5	2.6

a – As dimensões da malha em polegadas são: diâmetros de 8,0”, 10,0”, 12,0” e 13,8” por 13,8”, (nominal de 14” por 14”); 14,6” por 22,8” (nominal de 16” por 24”).

b - A área da peneira para furos redondos é baseada em diâmetros efetivos de 12,7 mm (1/2”) ou menor que o diâmetro do caixilho, porque a especificação M 92 permite que o selante entre na malha da tela e o caixilho tenha ter 6,35 mm (1/4”) de proteção sobre a malha. Então o diâmetro efetivo para o caixilho da peneira de 203,2 mm (8,0”) é 190,5 mm (7,5”). Alguns fabricantes de peneiras podem não atender ao requerido de 6,35 mm (1/4”) para a proteção da malha.

c – As peneiras indicadas têm menos de 5 aberturas completas da malha e não devem ser usadas nos ensaios.

Continue peneirando por um tempo suficiente e de tal maneira que, após a conclusão, não mais de 0,5 % por massa da amostra total passe em qualquer peneira durante 60 segundos de peneiramento contínuo manual executado como segue: Segure cada peneira, com um fundo adequado e tampa, numa posição ligeiramente inclinada com uma mão. Bata na lateral da peneira firmemente e com um movimento para cima contra a palma da outra mão numa taxa de cerca de 150 vezes por minuto, girando a peneira cerca de um sexto a intervalos de 25 golpes. Para determinar a capacidade de peneiramento nas malhas maiores que 4,75 mm (nº. 4), limite o material a uma só camada na peneira. Se o tamanho das peneiras usadas fazem o movimento acima descrito impraticável, use as peneiras de 203 mm (8 pol.) para verificar a eficiência do peneiramento.

## 8. CALCULOS

8.1. Registre a massa do material passante em cada peneira e retida na próxima e a quantidade passante na de 75µm (Nº 200). A somatória destas assas deve ser similar àquela seca após a lavagem com precisão de 0,2 %. A massa do material seco passando na peneira de 75µm (Nº 200) pelo peneiramento seco deve ser somada à massa removida por lavagem, e se aplicável, à massa de matéria mineral no asfalto, de maneira a obter o total passante na peneira de 75µm (Nº

200). As massas das frações retidas nas varias peneiras e o total passante na malha de 75 $\mu$ m (N $^{\circ}$  200) deve ser convertida em porcentagens pela divisão de cada uma pela quantidade total de agregado na mistura asfáltica da seção 7.1.1 ou 7.1.2.

8.2. Para amostras de agregados obtidas pelo T 308, aplicar o fator de correção do agregado, como requerido no T 308, para obter a porcentagem passante total final.

---

## **9. RELATÓRIO**

9.1. Relate os resultados da análise granulométrica como segue: (a) Porcentagem total passando em cada peneira, ou (b) porcentagem total retida em cada peneira, ou (c) porcentagens retidas entre peneiras consecutivas, dependendo da forma como a especificação define para o material a ser ensaiado. Porcentagens devem ser relatadas no número inteiro mais próximo exceto para a porcentagem passando na malha de 75 $\mu$ m (N $^{\circ}$  200), a qual deve relatada com aproximação de 0,1 %.

---

## **10. PRECISÃO E VARIÁVEIS**

9.1. Precisão – As estimativas de precisão para este ensaio está listada na tabela 1. As estimativas são baseadas em resultados do programa de amostragem para Laboratórios de referência por competência da AASHTO, com ensaios executados pela método T 30. Os dados são baseados em análises de resultados de 47 entre 190 laboratórios que testaram 17 pares de amostras competentes para o ensaio (amostras n $^{\circ}$ . 1 até 34). Os valores na tabela são dados para diferentes intervalos da porcentagem total de agregado passando na peneira.

**TABELA 1 – PRECISÃO**

	Porcentagem total material passante em uma peneira		Desvio Padrão (1s) % <sup>a</sup>	Intervalo aceitável de 2 resultados (d2s) <sup>a</sup> %
Agregado extraído: <sup>b</sup>				
Precisão um operador	< 100	≥ 95	0,49	1,4
	< 95	≥ 40	1,06	3,0
	< 40	≥ 25	0,65	1,8
	< 25	≥ 10	0,46	1,3
	< 10	≥ 5	0,29	0,8
	< 5	≥ 2	0,21	0,6
	< 2	≥ 0	0,17	0,5
Precisão Multilaboratório	< 100	≥ 95	0,57	1,6
	< 95	≥ 40	1,24	3,5
	< 40	≥ 25	0,84	2,4
	< 25	≥ 10	0,81	2,3
	< 10	≥ 5	0,56	1,6
	< 5	≥ 2	0,43	1,2
	< 2	≥ 0	0,32	0,9

<sup>a</sup> – Estes números representam, respectivamente, os limites (1S) e (d2s) como descrito na ASTM C670.

<sup>b</sup> – As estimativas de precisão são baseadas em agregados com tamanho nominal máximo de 19,0 mm (<sup>3</sup>/<sub>4</sub>”) a 9,5 mm (<sup>3</sup>/<sub>8</sub> pol.).

9.2. Variação – Este ensaio não tem variação uma vez que os valores determinados podem somente ser definidos em termos deste método de ensaio.