

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS FINOS E GRAÚDOS

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

**Setembro de 2014**



**DESIGNAÇÃO - ARTERIS T- 27-14**

## Método Padrão para Ensaio de

# Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos

Designação ARTERIS T 27 – 14



---

## 1. ESCOPO

- 1.1. Este método estabelece a determinação da distribuição por tamanhos das partículas de agregados graúdos e finos por peneiramento.
- 1.2. Algumas especificações para agregados que usam como referência este método contém requisitos de granulometria incluindo ambas as frações, graúdas e finas. Instruções são incluídas para análise granulométrica de tais agregados.
- 1.3. Os valores padrões adotados estão referenciados em unidades do sistema universal. Os valores em parênteses são fornecidos somente com o objetivo de informação.
- 1.4. Este método pode envolver materiais, operações e equipamentos prejudiciais à saúde. Este método não tem o propósito de atender todos os problemas de segurança associados ao seu uso. É responsabilidade de quem usá-lo estabelecer antecipadamente as práticas apropriadas de segurança e determinar a aplicabilidade dos regulamentos específicos.

---

## 2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

### 2.1. Normas:

- AASHTO M 92 – Malhas das peneiras nos ensaios
- ARTERIS ET-231 – Balanças usadas nos ensaios
- AASHTO R 1– Uso do Sistema Universal de Unidades
- ARTERIS T 2– Amostragem de agregados
- ARTERIS T-11 – Agregados com materiais passando na peneira 75 µm (nº. 200) por lavagem
- ARTERIS T 248 – Redução de amostras de agregados para ensaio

### 2.2. Normas ASTM:

- C 125 – Terminologia relacionada ao concreto e seus agregados
- C 670 – Prática para a precisão e variáveis adotadas para métodos de ensaios para materiais de construção

---

### 3. TERMINOLOGIA

3.1. Definições – A ASTM C125 é referência para a definição dos termos usados neste método.

---

### 4. SUMÁRIO DO MÉTODO

4.1. Uma amostra de agregado seco de massa conhecida é separada através de uma série de peneiras de tamanhos progressivamente menores para determinação da distribuição por tamanhos das partículas.

---

### 5. SIGNIFICADO E USO

5.1. Este método é usado inicialmente para determinar a granulometria de materiais usados como agregado ou que estão sendo propostos para tal. Os resultados dos ensaios são usados para se determinar à adequação da granulometria com os parâmetros das especificações aplicáveis e para controle dos diferentes tamanhos de agregados e suas misturas. Os dados podem ser também úteis no desenvolvimento das relações entre vazios e empolamento.

5.2. Não se pode conseguir somente com o uso deste método, a determinação precisa da porcentagem de material passando na peneira 75  $\mu\text{m}$  (nº. 200). Deve ser empregado o método de ensaio ARTERIS T-11 para material passante na peneira de 75  $\mu\text{m}$  (nº. 200), por lavagem.

---

### 6. EQUIPAMENTO

6.1. *Balança* – A balança deve ter capacidade suficiente e precisão igual, ou melhor, que 0,1 por cento da massa da amostra, e atender aos requisitos da ARTERIS ET-231.

6.2. *Peneiras* – A malha da peneira deve ser montada em um caixilho que evite a perda de material durante o peneiramento. A malha da peneira e o caixilho devem atender aos requisitos da M 92. Peneiras com caixilho fora do padrão devem ter as malhas de acordo com os requisitos da M 92.

**Nota 1** – É recomendável que as peneiras montadas em caixilhos maiores que o diâmetro padrão 203,2 mm (8”) sejam usadas para ensaios com agregados graúdos para reduzir possibilidade de sobrecarga. veja seção 8.3.

6.3. *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 8.4 seja atingido em um período razoável de tempo.

**Nota 2** – 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 aproximadamente) 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.

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

---

## 7. AMOSTRAGEM

7.1. Amostre o agregado de acordo com T 2. A massa da amostra de campo deve ser aquela mostrada em T 2 ou quatro vezes o tamanho previsto na seção 7.4 e 7.5 (com exceção das modificações da seção 7.6), adotando a que for maior.

7.2. Misture totalmente a amostra e a reduza para um tamanho adequado para o ensaio usando os procedimentos aplicáveis descritos no T 248. O tamanho da amostra quando seca no final do quarteamento deve ser aproximadamente aquela mínima prevista. A redução da amostra até uma quantidade pré-determinada não é permitida.

**Nota 3** – Quando for necessário somente o ensaio de granulometria, incluindo a determinação do material passante na peneira de  $75 \mu\text{m}$  (nº. 200), a amostra pode ser reduzida no campo para evitar o transporte excessivo de material para o laboratório.

7.3. *Agregado Fino* – O tamanho da amostra para o ensaio, após secagem, deve ser de 300 g no mínimo.

7.4. *Agregado Grosso* – A massa total da amostra de agregado graúdo deve ser de acordo com a tabela abaixo:

Tamanho Máximo Nominal da abertura quadrada, mm (pol)		Massa mínima de amostra para o ensaio, kg (lb)
9,5 (3/8")		1 (2)
12,5 (1/2")		2 (4)
19,0 (3/4")		5 (11)
25,0 (1")		10 (22)
37,5 (1 1/2")		15 9(33)
50 (2")		20 (44)
63 (2 1/2")		35 (77)
75 (3")		60 (130)
90 3 1/2")		100 (220)
100 (4")		150 (330)
125 ("5")		300 (660)

7.5. Misturas de agregado graúdo e miúdo – A massa da amostra para ensaio deve ser do mesmo tamanho da do agregado graúdo mostrada na seção 7.4.

7.6. Amostras de agregados graúdos de grande diâmetro – O tamanho necessário da amostra para agregados com tamanhos nominais iguais ou maiores que 50 mm é tal que para conseguir uma redução conveniente e ensaiar como uma unidade, é necessário usar grandes separadores mecânicos ou peneiras vibratórias. Como uma opção, quando tal equipamento não está disponível, combinar e misturar porções à amostra de campo e reduzi-la para o tamanho do ensaio, realizar o ensaio com um número aproximadamente igual de amostras parciais, tal que a massa total testada atenda aos parâmetros da seção 7.4.

7.7. Na hipótese que a quantidade de material passante na peneira 75 µm (nº. 200) é para ser determinada pelo método ARTERIS T-11, usar o procedimento descrito na seção 7.7.1 ou 7.7.2, o qual seja aplicável.

7.7.1. Para agregados com tamanho nominal máximo de 12,5 mm (1/2") ou menos, use o mesmo tamanho de amostra para o ensaio de acordo com T-11 ou este método. Primeiro ensaie de acordo com o T-11 até o final da operação de secagem, e então faça o peneiramento seco como estipulado da seção 8.2 até a 8.6 deste método.

7.7.2. Para agregados com tamanho nominal máximo maior que 12,5 mm (1/2") pode ser feito um ensaio somente como descrito na seção 7.7.1 ou então separando as amostras em duas partes para ensaiar pelo método T-11 e este método.

7.7.3. Quando a especificação requerer a determinação do total de material fino menor que a peneira 75 µm (nº 200) por lavagem, use o procedimento descrito em 7.7.1.

---

## 8. PROCEDIMENTO

8.1. Se a amostra a ser ensaiada não foi submetida ao ensaio pelo T-11, seque-a até massa constante à temperatura de  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F). Determine e anote a massa do material que será peneirado com precisão como definido na seção 6.1.

**Nota 4** – Somente para efeito de controle, particularmente onde resultados rápidos são desejados, não é necessário secar o agregado graúdo para o ensaio de granulometria. Os resultados são ligeiramente afetados pelo teor de umidade a menos que (1) O tamanho máximo nominal seja inferior a 12,5 mm (1/2”), (2) o agregado graúdo contenha apreciável quantidade de material abaixo da peneira 4,75 mm (nº. 4) (3) o agregado graúdo tem absorção alta (um agregado leve, por exemplo). Também amostras podem ser secadas a temperaturas mais altas associada com o uso de chapas quentes sem afetar os resultados, desde que a saída do vapor não crie pressões para fraturar as partículas, e que as temperaturas não sejam tão altas que causem alterações químicas nos agregados.

8.2. Selecione as peneiras com aberturas especificadas para fornecer as informações exigidas pelas especificações definidas. Use peneiras adicionais como desejado ou necessário para obter outras informações, tais como módulo de finura ou para registrar a quantidade de material numa determinada peneira. Coloque as peneiras em ordem de abertura decrescente, de cima para baixo e coloque a amostra na peneira superior, em caso de porção, peneirá-la em frações parciais. Agite as peneiras manualmente ou com um agitador mecânico pelo período necessário, estabelecido por tentativas ou verificado por pesadas de uma amostra real ensaiada, para atender ao critério satisfatório descrito na seção 8.4.

8.3. Limite à quantidade de material numa dada peneira de maneira que todas as partículas tenham oportunidade de entrar em contacto com a tela várias vezes durante a operação de peneiramento. Para peneiras com aberturas menores que 4,75 mm (nº. 4), a quantidade retida em qualquer peneira ao final da operação de peneiramento não deve ser maior do que 7 kg/m<sup>2</sup> (4 g/in<sup>2</sup>) da área da malha (Nota 5). Para peneiras com abertura igual a 4,75 mm (nº. 4) ou acima, a quantidade retida em quilo não deve exceder o produto de 2,5 x (abertura da tela, mm x (área efetiva de peneiramento, m<sup>2</sup>)). Esta quantidade está descrita na tabela 1 para cinco dimensões de aberturas de telas de uso mais comum. Em nenhum caso a quantidade retida pode ser tão grande que cause deformação permanente na malha da peneira.

8.3.1. Previna a sobrecarga de uma determinada peneira por um ou a combinação dos seguintes métodos:

8.3.1.1. Insira uma peneira adicional com tamanho de tela intermediário entre a que poderá ser sobrecarregada e a outra imediatamente superior àquela prevista no jogo original.

8.3.1.2. Divida a amostra em duas ou mais porções, peneirando cada uma separadamente. Some as massas das várias porções retidas na mesma peneira antes de calcular a porcentagem de amostra nela.

8.3.1.3. Use peneiras tendo um caixilho maior providenciando uma área maior.

**Nota 5** – Os  $7 \text{ kg/m}^2$  significam 200 g para a peneira usual de 203,2 mm (8") de diâmetro (Com uma área efetiva com diâmetro de 190,5 mm (7,5")).

8.3.1.4. No caso de misturas de agregado graúdo e fino, a porção de amostra abaixo de 4,75 mm (nº. 4) deve ser distribuída entre 2 ou mais jogos de peneiras para evitar a sobrecarga numa determinada malha.

8.3.1.5. Alternativamente, a porção abaixo da peneira 4,75 mm (nº. 4) pode ser reduzida usando um separador mecânico de acordo com T 248. Se este procedimento é seguido, compute a massa de cada porção da amostra original como segue:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B$$

Onde:

A = massa da porção no total da amostra básica

$W_1$  = Massa da fração abaixo da peneira 4,75 mm (nº. 4) da amostra total

$W_2$  = Massa da porção reduzida de material abaixo da peneira 4,75 mm (nº. 4) realmente peneirada

B = Massa da porção retida na malha

**TABELA 1 QUANTIDADE MÁXIMA DE MATERIAL RETIDO NUMA PENEIRA, kg**

Peneira Tamanho da malha, mm	Tamanho Nominal da Peneira <sup>a</sup>				
	203,2 mm diâmetro <sup>b</sup>	254,0 mm diâmetro <sup>b</sup>	304,8 mm diâmetro <sup>b</sup>	350 por 350 mm	372 por 580 mm
	Área de peneiramento, m <sup>2</sup>				
	0,0285	0,0457	0,067	0,1225	0,2158
125 mm (5")	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	67,4
100 mm (4")	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	30,6	53,9
90 mm (3 ½")	<i>c</i>	<i>c</i>	15,1	27,6	48,5
75 mm (3")	<i>c</i>	8,6	12,6	23,0	40,5
63 mm (2 ½")	<i>c</i>	7,2	10,6	19,3	34,0
50 mm (2")	3,6	5,7	8,4	15,3	27,0
37,5 mm (1 ½")	2,7	4,3	6,3	11,5	20,2
25,0 mm (1")	1,8	2,9	4,2	7,7	13,5
19,0 mm (¾")	1,4	2,2	3,2	5,8	10,2
12,5 mm (1/2")	0,9	1,4	2,1	3,8	6,7
9,5 mm (3/8")	0,7	1,1	1,6	2,9	5,1
4,75 mm (Nº 4)	0,3	0,5	0,8	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.

8.4. Continue a peneirar por um período adequado de tal maneira que, após a conclusão, não mais que 0,5 por cento da massa total da amostra passe em qualquer peneira durante 1 minuto de um peneiramento manual contínuo executado da seguinte maneira: segure a peneira individualmente, junto com o fundo e tampa, numa mão em uma posição levemente inclinada. Bata fortemente num lado da peneira com um movimento ascendente contra o lado da outra mão numa taxa de aproximadamente 150 vezes por minuto, vire a peneira um sexto do círculo a intervalos de 25 batidas. Para determinar a suficiência de peneiramento em peneiras acima de 4,75 mm (nº. 4), limite o material a uma camada simples de partículas. Se os tamanhos das



peneiras de ensaio tornam este teste impraticável, use peneiras de 203,2 mm (8") de diâmetro para verificar a suficiência do peneiramento.

8.5. A menos que um peneirador mecânico é usado, use as mãos para tentar passar as partículas através das malhas acima de 75 mm (3") determinando a menor abertura da peneira através da qual cada partícula poderá passar rodando as partículas, se necessário, para determinar como passará em determinada abertura. Entretanto não force as partículas a passarem através das aberturas.

8.6. Determine a massa de cada porção pesando numa balança de acordo com os requisitos especificados na seção 6.1 com aproximação de 0,1 por cento da massa total da amostra original seca. A massa total do material após o peneiramento deve ser bastante próxima à massa da amostra seca no início do peneiramento. Se os totais diferirem por mais que 0,3 por cento, baseado na amostra original seca, os resultados não devem ser usados para critérios de aceitação dos serviços.

---

## **9. CÁLCULO**

9.1. Calcule a porcentagem passante, as porcentagens totais retidas, ou porcentagens nas várias frações por tamanho com aproximação de 0,1% com referência na massa total da amostra inicial seca. Se a amostra foi primeiro testada pelo T-11, inclua a massa de material abaixo da peneira de 75 µm (nº. 200), por lavagem, na amostra para cálculo da granulometria; e use a amostra seca total, antes da lavagem pelo T-11 como base para cálculo de todos os percentuais.

9.1.1. Quando as porções da amostra são testadas como permitido na seção 7.6, some o total das frações de cada porção retida por peneira e use estas massas para calcular a porcentagem na seção 9.1.

9.2. Calcule o módulo de finura, quando necessário, pela adição da porcentagem total de material na amostra que é maior que cada uma das seguintes peneiras (pesos retidos acumulados), e dividindo a soma por 100; 150 µm (nº. 100), 300 µm (nº. 50), 600 µm (nº. 30), 1,18 mm (nº. 16), 2,36 mm (nº. 8), 4,75 mm (nº. 4), 9,5 mm (3/8"), 19,0 mm (3/4"), 37,5 mm (1 1/2"), e acima, aumentando na razão de 2 para 1.

---

## **10. RELATÓRIO**

10.1. Dependendo da forma como as especificações prevêm o uso do material a ser testado, o relatório deve incluir o seguinte:

10.1.1. Porcentagem total de material passando em cada peneira, ou

10.1.2. Porcentagem total de material retida em cada peneira, ou

10.1.3. Porcentagem total de material retida entre duas peneiras consecutivas.

10.2. Arredonde as porcentagens para o número inteiro mais próximo, exceto se a porcentagem do material passando na malha de 75  $\mu\text{m}$  (nº. 200) for inferior a 10 por cento, quando, então deve ser arredondado com aproximação de 0,1 por cento.

10.3. Arredonde o módulo de finura, quando especificado, com aproximação de 0,01.

## 11. PRECISÃO E VARIÁVEIS

11.1. *Precisão* – As estimativas de precisão para este ensaio estão listadas na tabela 2. A estimativa é baseada em resultados do programa de amostragem para Laboratórios de referência por competência da AASHTO, com ensaios executados pelo método T 27 e ASTM C 136. Os dados são baseados em análises de resultados de 65 laboratórios entre 233 que testaram 18 pares de amostras de agregados graúdos e de 74 laboratórios entre 222 que testaram 17 pares de amostras de agregado fino (as amostras de nº 21 a 90). Os valores na tabela são dados para diferentes intervalos da porcentagem total de agregado passando na peneira.

TABELA 2 – ESTIMATIVA DA PRECISÃO

		Porcentagem total material passante		Desvio Padrão (1s), % <sup>a</sup>	Intervalo aceitável de 2 resultados (D2S), % <sup>a</sup>
<i>Agregado graúdo:</i> <sup>b</sup>					
Precisão um operador	< 100	≥ 95		0,32	0,9
	< 95	≥ 85		0,81	2,3
	< 85	≥ 80		1,34	3,8
	< 80	≥ 60		2,25	6,4
	< 60	≥ 20		1,32	3,7
	< 20	≥ 15		0,95	2,7
	< 15	≥ 10		1,00	2,8
	< 10	≥ 5		0,75	2,1
	< 5	≥ 2		0,53	1,5
	< 2	≥ 0		0,27	0,8
Precisão Multilaboratório	< 100	≥ 95		0,35	1,0
	< 95	≥ 85		1,37	3,9
	< 85	≥ 80		1,92	5,4
	< 80	≥ 60		2,82	8,0
	< 60	≥ 20		1,97	5,6
	< 20	≥ 15		1,60	4,5
	< 15	≥ 10		1,43	4,2
	< 10	≥ 5		1,22	3,4
	< 5	≥ 2		1,04	3,0
	< 100	≥ 95		0,25	0,7
Precisão um operador	< 95	≥ 60		0,55	1,6
	< 60	≥ 20		0,83	2,4
	< 20	≥ 15		0,54	1,5
	< 15	≥ 10		0,36	1,0
	< 10	≥ 2		0,37	1,1
	< 2	≥ 0		0,14	0,4
	< 100	≥ 95		0,23	0,6
Precisão Multilaboratório	< 95	≥ 60		0,77	2,2
	< 60	≥ 20		1,41	4,0
	< 20	≥ 15		1,10	3,1
	< 15	≥ 10		0,73	2,1
	< 10	≥ 2		0,65	1,8
	< 2	≥ 0		0,31	0,9

a – Estes números representam, respectivamente, os limites (1s) e (d2s) como descrito na ASTM C670.

b – As estimativas de precisão são baseadas em agregados com tamanho nominal máximo de 19,0 mm (3/4").

11.1.1. Os valores de precisão para o agregado fino na tabela 2 são baseados em amostras com tamanho nominal de 500 g. Revisão da ASTM C 136 em 1994 permitiu que o tamanho mínimo da amostra de agregado fino a ser ensaiado fosse 300 g. Análise dos resultados de ensaios de amostras de 300 g e 500 g do programa de eficiência de amostragem de 99 e 100 (as amostras 99 e 100 foram essencialmente idênticas) produziram os valores de precisão da tabela 3, que indicou somente diferenças insignificantes devido ao tamanho das amostras testadas.

**NOTA 6** – Os valores para agregado fino na tabela 2 serão revisados para refletir o tamanho da amostra de 300 g. Quando for executado um número suficiente de amostras proficientes de agregados teremos dados confiáveis.

TABELA 3 INFORMAÇÕES DOS DADOS DE PRECISÃO PARA AMOSTRAS DE 300g e 500g								
Amostra proficiente de agregado miúdo	Resultado do ensaio	Tamanho amostra	Quant. Labs	Média	Mesmo laboratório		Entre laboratórios	
					1S	D2S	1S	D2S
AASHTO T 27 / ASTM C 136								
Total de material passando malha 4,75mm (n°.4) (%)	500 g	285	99,992	0,027	0,066	0,037	0,104	
	300 g	276	99,99	0,021	0,06	0,042	0,117	
Total de material passando malha 2,36mm (n°.8) (%)	500 g	281	84,1	0,43	1,21	0,63	1,76	
	300 g	274	84,32	0,39	1,29	0,69	1,92	
Total de material passando malha 1,18mm (n°.16) (%)	500 g	286	70,11	0,53	1,49	0,75	2,1	
	300 g	272	70	0,52	1,74	0,76	2,12	
Total de material passando malha 600 µm (n°.30) (%)	500 g	287	48,54	0,75	2,1	1,33	3,73	
	300 g	276	48,44	0,87	2,44	1,36	3,79	
Total de material passando malha 300 µm (n°.50) (%)	500 g	286	13,52	0,42	1,17	0,98	2,73	
	300 g	275	15,51	0,45	1,25	0,99	2,75	
Total de material passando malha 150 µm (n°.100) (%)	500 g	287	2,55	0,15	0,42	0,37	1,03	
	300 g	270	2,52	0,18	0,52	0,32	0,89	
Total de material passando malha 75 µm (n°.200) (%)	500 g	278	1,32	0,11	0,32	0,31	0,85	
	300 g	266	1,3	0,14	0,39	0,31	0,85	

11.2. *Varição* – Como não há material de referência adequado para a determinação da variação deste método de ensaio, nenhum indicador de variáveis será feito.