

Pavimentação - Misturas asfálticas – Análise granulométrica de agregados graúdos e miúdos e misturas de agregados por peneiramento – Método de ensaio

Autor: Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR.

Processo: 50607.003401/2017-17.

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 01/07/2019.

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

Palavras-chave:

Agregado graúdo, agregado miúdo, análise granulométrica.

Total de páginas

12

Resumo

Uma mistura asfáltica é composta por agregados de diferentes tamanhos em proporções convenientemente escolhidas com teor de cimento asfáltico que atenda aos requisitos de desempenho previstos, nos seus vários aspectos. Este proporcionamento se faz por tentativas, seguindo um procedimento denominado dosagem. Para iniciar o processo é necessário conhecer as características dos agregados disponíveis, iniciando pelo tamanho dos grãos e suas proporções. O tamanho dos grãos é obtido convencionalmente por processo de peneiramento em uma série de peneiras de malhas quadradas de aberturas pré-definidas e padronizadas. Este procedimento permite definir a composição granulométrica dos vários conjuntos de agregados definidos em faixas denominadas de graúdo, miúdo e de enchimento.

Abstract

An asphalt mixture is composed of aggregates of different sizes in suitably chosen proportions with asphalt cement content that meets the expected performance requirements in their various aspects. This proportioning is done by attempts, following a procedure called dosage. To start the process it is necessary to know the characteristics of the available aggregates, starting with the size of the grains and their proportions. The size of the grains is conventionally obtained by sieving process in a series of square mesh sieves of

predetermined and standardized apertures. This procedure allows defining the gradation of the various sets of aggregates defined as coarse, fine and filler.

Sumário

Prefácio	1
1 Objetivo.....	2
2 Referências normativas	2
3 Definições	2
4 Aparelhagem	3
5 Amostra	3
6 Preparação da amostra	3
7 Procedimento.....	3
8 Resultados.....	4
9 Relatório	5
Anexo A (Informativo) - Tabelas	6
Anexo B (Informativo) - Fotos	9
Anexo C (informativo).....	10
Anexo D (Informativo) - Bibliografia.....	11
Índice geral	12

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DPP, para servir como

documento base, visando estabelecer os procedimentos para a determinação da composição granulométrica de agregados para mistura asfáltica. Sua criação teve origem no desenvolvimento do objeto do Termo de Execução Descentralizada – TED nº 682/2014 firmado com a COPPE/UFRJ, para elaboração de método mecanístico-empírico de dimensionamento de pavimento asfáltico. Está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2009 – PRO.

1 Objetivo

Esta Norma descreve o procedimento de análise granulométrica para determinação da composição granulométrica por peneiramento de agregados graúdos e miúdos ou de mistura de agregados para misturas asfálticas.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta norma. Para referências datadas aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

- a) DNER – EM 035: Peneiras de malhas quadradas para análise granulométrica de solos - Especificação de material. Rio de Janeiro: IPR.
- b) DNER – ME 266: Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- c) DNER – PRO 120: Coleta de amostras de agregados - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- d) DNER – PRO 199: Redução de amostra de campo de agregado para ensaio de laboratório - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.

3 Definições

3.1 Dimensão ou tamanho máximo

É a menor abertura de peneira da série padronizada através da qual toda a massa de agregado passa, ou seja, não fica retida nenhuma partícula, passam 100 % dos grãos.

3.2 Tamanho nominal máximo (TNM)

É o tamanho de abertura da peneira imediatamente acima daquela que retém mais que 10 % acumulado ou o tamanho da peneira acima da que passa menos que 90 % dos grãos.

3.3 Série de peneiras

Conjunto de peneiras sucessivas, que atendem à norma DNER – EM 035/95 com as aberturas de malha estabelecidas na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Série de peneiras

Série normal mm	Série normal polegada	Peneira nº
50,00	2	-
37,50	1 1/2	-
25,00	1	-
19,00	3/4	-
12,50	1/2	-
9,50	3/8	-
6,30	1/4	-
4,75	-	4
2,36	-	8
2,00	-	10
1,18	-	16
0,60	-	30
0,425	-	40
0,30	-	50
0,15	-	100
0,075	-	200

3.4 Material pulverulento ou filler

Partículas minerais com dimensões inferiores a peneira nº 200 (0,075 mm), incluindo os materiais solúveis em água, presentes nos agregados.

3.5 Agregados graúdos

Agregado cujos grãos passam pela peneira de 3 polegadas (3"), com abertura de malha de 75 mm, e ficam retidos na peneira nº 4, com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio de determinação da composição granulométrica de agregados ou misturas de agregados por peneiramento.

3.6 Agregados miúdos

Agregado cujos grãos passam pela peneira nº 4, com abertura de malha de 4,75 mm, e ficam retidos na peneira nº 100, com abertura de malha de 0,15 mm, em ensaio de determinação da composição granulométrica

de agregados ou misturas de agregados por peneiramento.

3.7 Material de enchimento

É o material que passa totalmente na peneira nº 100 (0,15 mm ou 150 µm) e passa mais que 65 % na peneira de nº 200 (0,075 mm ou 75 µm).

4 Aparelhagem

- a) Estufa capaz de manter a temperatura controlada automaticamente até 150 °C, com resolução de ± 5 °C.
- b) Balança com capacidade de 10 kg, com resolução de 0,1 g da massa de amostra a ensaiar.
- c) Agitador de peneiras mecânico, com dispositivo para fixação de uma até seis peneiras, capaz de criar movimentos preferencialmente circulares e verticais das peneiras, acarretando a passagem das partículas pelas aberturas de cada peneira.
- d) Termômetro resistente ao calor, com escala de 30 a 150 °C.
- e) Bandeja metálica retangular de 50 cm x 30 cm x 6 cm (altura).
- f) Repartidor de amostra de 25,0 mm e com 4,75 mm de abertura.
- g) Série de peneiras (Tabela 1 desta norma), com tampa e fundo, que atendam às exigências da norma DNER – EM 035/95.
- h) Escovas ou pincéis, com cerdas de aço ou de fios, para limpeza de peneiras.

5 Amostra

A amostragem dos agregados no campo deve seguir os procedimentos da norma DNER – PRO 120/97. A redução para ensaio no laboratório deve atender ao procedimento DNER – PRO 199/1996. No laboratório a amostra deve ser separada por quarteamento ou repartidor até a quantidade indicada para o ensaio.

6 Preparação da amostra

- a) Homogeneizar a amostra remetida ao laboratório e reduzir à quantidade aproximada da massa seca a ser ensaiada, utilizando o quarteamento ou o repartidor de amostra. A massa mínima por amostra de agregado ou mistura de agregado a ensaiar deve obedecer ao especificado na Tabela 2 seguinte:

Tabela 2 - Massa mínima por amostra de ensaio

Tamanho máximo dos agregados, mm	Massa mínima de amostra para o ensaio, kg
4,75	0,3 a 0,5
9,50	1
12,50	2
19,00	5
25,00	10

- b) Secar a amostra em estufa até massa constante à temperatura de 110 ± 5 °C; esfriar à temperatura ambiente e determinar sua massa total.
- c) Selecionar a série de peneiras, previamente limpas, com aberturas de malha quadrada adequadas para fornecer as informações requeridas. Encaixar as peneiras em ordem crescente de abertura de malha da base para o topo e completar a série com fundo embaixo e com tampa em cima.
- d) Transferir a amostra, ou fração dela, para a peneira superior da série de peneiras, de forma que não haja formação de camada espessa sobre a malha de qualquer peneira.
- e) Para evitar a sobrecarga de material na malha da peneira deve-se adotar um dos seguintes procedimentos:
 - I - Inserir peneira adicional com abertura de malha intermediária entre a peneira com sobrecarga e a imediatamente superior a esta da sequência de peneiras;
 - II - Dividir a amostra em porções, peneirando cada uma individualmente;
 - III - Usar peneiras tendo dimensões de caixilho maiores, correspondendo à área maior de peneiramento.

7 Procedimento

A amostra de massa conhecida de agregado ou mistura de agregados seca é classificada em relação às dimensões de suas partículas por meio de uma série de peneiras de malhas quadradas e de aberturas progressivamente menores.

7.1 Peneiramento com agitador mecânico

a) Transferir ao agitador a série de peneiras, munida de fundo e tampa, contendo a amostra e proceder ao seu peneiramento por um intervalo de tempo que permita a separação e classificação de seus grãos;

b) Retirar a série de peneiras munida de fundo e tampa do agitador de peneiras e proceder ao peneiramento manual de cada peneira, empregando um segundo fundo e tampa, com movimentos laterais e circulares alternados, tanto no plano horizontal como no inclinado, por um minuto. Ao término deste período a massa passante em cada peneira deve ser inferior a 1 % em relação à massa retida, para um tempo de 1 minuto de agitação. Se a amostra apresentar quantidade significativa de material pulverulento, este deve ser determinado conforme descrito no método de ensaio DNER – ME 266/97 e seu teor deve ser empregado no cálculo da composição granulométrica.

I - Amostra constituída por mistura de agregados cuja dimensão máxima nominal for de 12,5 mm, proceder primeiramente ao ensaio DNER – ME 266/97, e, a seguir, à secagem e ao peneiramento descrito na subseção 7.1, alínea (b);

II - Amostras constituídas por mistura de agregados cuja dimensão máxima nominal for superior a 12,5 mm, opcionalmente pode-se empregar amostras distintas na determinação da quantidade de material pulverulento e na determinação da composição granulométrica;

III - Quando as especificações exigirem a determinação da quantidade total de material mais fino que 0,075 mm (75 µm) por lavagem e peneiramento seco, deve ser empregada a mesma amostra na determinação da quantidade de material pulverulento e da composição granulométrica.

c) Determinar a massa retida em cada peneira após a limpeza de sua malha com escova ou pincel. Os grãos removidos da parte interna da peneira devem ser considerados como retidos e da parte externa como passantes;

d) Se a amostra for dividida em porções, repetir o procedimento descrito em 7.1 para as demais porções;

e) Determinar o somatório das massas retidas nas peneiras e nos fundos, não devendo este total diferir em

mais de 0,3 % da massa da amostra seca inicial. Considerar o teor de materiais pulverulentos no cálculo da composição granulométrica.

7.2 Peneiramento manual

a) Na impossibilidade de empregar o agitador de peneiras mecânico, deve-se realizar o peneiramento manualmente, colocando inicialmente a amostra na peneira com malha de maior abertura da série, munida de fundo e tampa, por um intervalo de tempo superior a 2 minutos. Em seguida, proceder ao peneiramento manual por peneira, empregando fundo e tampa, com movimentos laterais e circulares alternados, tanto no plano horizontal como no inclinado, até que a massa passante seja inferior a 1 % em relação à massa retida. Determinar a massa retida em cada peneira após a limpeza da malha com escova ou pincel. Os grãos removidos da parte interna da peneira devem ser considerados como retidos e da parte externa como passante. Este procedimento deve ser aplicado para as demais peneiras da série. Se a amostra apresentar quantidade significativa de material pulverulento, este deve ser determinado conforme descrito no método de ensaio DNER – ME 266/97 e seu teor deve ser empregado no cálculo da composição granulométrica;

b) Se a amostra for dividida em porções, repetir o procedimento descrito em 7.2 para as demais porções;

c) Determinar o somatório das massas retidas nas peneiras e nos fundos, não devendo este total diferir em mais de 0,3 % da massa da amostra seca inicial. Considerar o teor de materiais pulverulentos no cálculo da composição granulométrica;

d) As massas retidas em cada peneira nos peneiramentos, nas tolerâncias permitidas, devem ser aplicadas aos cálculos para obtenção de resultados.

8 Resultados

Calcular as percentagens em massa passantes, retidas e acumuladas em cada peneira, com aproximação de 0,1 %, com base na massa total da amostra seca inicial. Se a amostra for primeiramente testada no método DNER – ME 266/97, deve-se incluir no cálculo a massa do material mais fino que 0,075 mm (75 µm), obtido por lavagem, usando a massa total de amostra seca antes

da lavagem neste método, como base para cálculo de todas as percentagens.

9 Relatório

Deve conter as seguintes informações:

a) Percentagem total de material passante em cada peneira;

b) Percentagem de material retido em cada peneira;

c) Percentagem acumulada retida em peneiras consecutivas;

d) Reportar percentagens até número inteiro mais próximo. Se a percentagem passante na peneira 0,075 mm (75 µm) for menor que 10 %, reportar com precisão de 0,1 %.

_____/Anexo A

Anexo A (Informativo) - Tabelas

Na falta de dados nacionais sobre programas Inter laboratoriais deste ensaio, indica-se como uma referência de precisão para agregados graúdos a Tabela 1 elaborada nos EUA, classificada por percentual total de material passante, tendo como base o programa de amostras de proficiência laboratorial de materiais de referência da AASHTO, que seguiram as metodologias da ASTM C 136 e AASHTO T27. Os valores de precisão deste mesmo programa para agregados miúdos, classificados por percentual total de material passante, estão apresentados na Tabela 2 (baseados em amostras de 500 gramas) e na Tabela 3 classificados por abertura de peneira (baseados em testes com 300 e 500 gramas), com pequenas diferenças devido à quantidade da amostra peneirada.

Tabela A1 - Precisão de agregados graúdos

Material	Percentual total de material passante		Desvio padrão (1s), % ^A	Faixa aceitável de dois resultados (d2s)% ^A	
	< 100	≥ 95			
Agregados graúdos^B	<95	≥ 85	0,32	0,9	
	<85	≥ 80	0,81	2,3	
	<80	≥ 60	1,34	3,8	
	<60	≥ 20	2,25	6,4	
	<20	≥ 15	1,32	3,7	
	Repetibilidade	<15	≥ 10	0,96	2,7
		<10	≥ 5	1,00	2,8
		<5	≥ 2	0,75	2,1
		<2	>0	0,53	1,5
		<2	>0	0,27	0,8
Agregados graúdos	< 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	
	Reprodutibilidade	<20	≥ 15	1,60	4,5
		<15	≥ 10	1,48	4,2
		<10	≥ 5	1,22	3,4
		<5	≥ 2	1,04	3,0
		<2	>0	0,45	1,3

^A Estes valores representam respectivamente os limites (1s) e (d2s) descritos na Prática ASTM C 670

^B A precisão estimada se baseia em agregados com tamanho nominal máximo de 19 mm

Tabela A2 - Precisão de agregados miúdos (500 g)

Material	Percentual total de material passante		Desvio padrão (1s), % ^A	Faixa aceitável de dois resultados (d2s) % ^A
	< 100	≥ 95		
Agregados miúdos Repetibilidade	<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	0,26	0,7
Agregados miúdos Reprodutibilidade	<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
	<100	≥ 95	0,23	0,6

Tabela A3 - Dados de precisão para amostras de 300 e 500 gramas

Abertura Peneiras		Amostra g	Resultados				
			Média	Repetibilidade		Reprodutibilidade	
#	mm			1s	d2s	1s	d2s
Nº 4	4,75 mm	500	99,992	0,027	0,066	0,037	0,104
		300	99,990	0,021	0,060	0,042	0,117
Nº 8	2,36 mm	500	84,10	0,43	1,21	0,63	1,76
		300	84,32	0,39	1,09	0,69	1,92
Nº 16	1,18 mm	500	70,11	0,53	1,49	0,75	2,10
		300	70,00	0,62	1,74	0,76	2,12
Nº 30	0,60 mm	500	48,54	0,75	2,10	1,33	3,73
		300	48,44	0,87	2,44	1,36	3,79
Nº 50	0,30 mm	500	13,52	0,42	1,17	0,98	2,73
		300	13,51	0,45	1,25	0,99	2,76
Nº 100	0,155 mm	500	2,55	0,15	0,42	0,37	1,03
		300	2,52	0,18	0,52	0,32	0,89
Nº 200	0,075 mm	500	1,32	0,11	0,32	0,31	0,85
		300	1,30	0,14	0,39	0,31	0,85

/Anexo B

Anexo B (informativo)

Fotos – Exemplos de equipamentos usados neste método



Repartidor de amostra



Quarteamento de amostra



Peneiras redondas de caixilho de 210 mm



Peneiras quadradas de caixilho de 500 x 500 mm



Peneirador com uma série de peneiras redondas

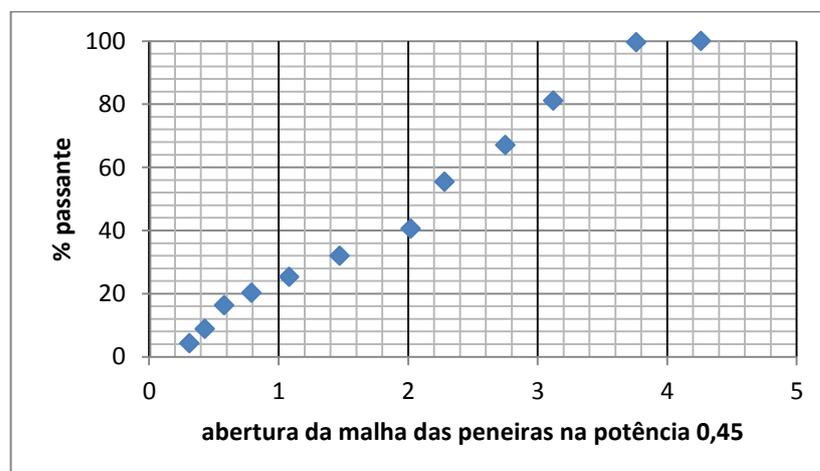
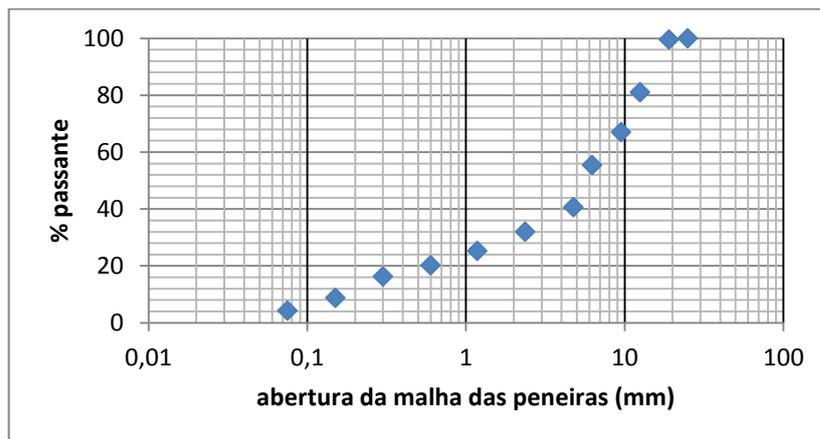


Peneirador com uma série de peneiras quadradas

Anexo C (Informativo)

Exemplo de um resultado de curva granulométrica

Peneira	Abertura da Malha	Escala Superpave	Massa individual retida	Percentual retido	Massa retida cumulativa	Percentual retido cumulativo	Percentual passante
ASTM	mm	(mm ^{0,45})					
1"	25	4,26	0,0	0,00	0,0	0,0	100,00
3/4"	19	3,76	20,3	0,41	20,3	0,41	99,59
1/2"	12,5	3,12	925,4	18,51	945,7	18,91	81,09
3/8"	9,5	2,75	704,6	14,09	1650,3	33,01	66,99
1/4"	6,25	2,28	579,3	11,59	2229,6	44,59	55,41
4	4,75	2,02	740,2	14,80	2969,8	59,40	40,60
8	2,36	1,47	429,8	8,60	3399,6	67,99	32,01
16	1,18	1,08	335,6	6,71	3735,2	74,70	25,30
30	0,6	0,79	255,2	5,10	3990,4	79,81	20,19
50	0,3	0,58	194,6	3,89	4185,0	83,70	16,30
100	0,15	0,43	375,3	7,51	4560,3	91,21	8,79
200	0,075	0,31	224,7	4,49	4785,0	95,70	4,30
Fundo			215,0	4,30	5000,0	100,00	0,00
Total			5000,0	100,0			



Anexo D (Informativo) – Bibliografia

- a) AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. T-027-14-UL: Standard Method of Test for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. Washington, D.C., 2014.
- b) AMERICAN SOCIETY OF TEST AND MATERIALS. C 117: Standard test method for materials finer than 75- μm (No. 200) sieve in mineral aggregates by washing. West Conshohocken, 2017.
- c) _____. C136/C136M: Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates. West Conshohocken, 2014.
- d) _____. C670: Standard practice for preparing precision and bias statements for test methods for construction materials. West Conshohocken, 2015.
- e) _____. D 546: Standard test method for sieve analysis of mineral filler for asphalt paving mixtures. West Conshohocken, 2017.
- f) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 26: Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro, 2009.
- g) _____. NBR NM 27: Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro, 2001.
- h) _____. NR NM 46: Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm , por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.
- i) _____. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- j) _____. NBR NM ISO 3310-1:Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação: Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico (ISO 3310-1, IDT). Rio de Janeiro, 2010.
- k) BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER-ME 083/98: Agregados – Análise granulométrica: Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1998.

Índice geral

Abstract.....	1	Peneiramento com agitador mecânico . 7.1	3
Agregados graúdos.....3.5.....	2	Peneiramento manual	7.2.....4
Agregados miúdos	3.6.....2	Prefácio	1
Amostra.....5.....	3	Preparação da amostra	6.....3
Anexo A (Informativo).....	6	Procedimento	7.....3
Anexo B (informativo).....	9	Referências normativas	2.....2
Anexo C (informativo).....	10	Relatório	9.....5
Anexo D (Informativo) - Bibliografia	11	Resultados.....	8.....4
Aparelhagem.....4.....	3	Resumo	1
Definições	3.....2	Série de peneiras	3.3.....2
Dimensão ou tamanho máximo.....3.1.....	2	Sumário	1
Índice geral.....	12	Tabela 1 – Série de peneiras.....	2
Material de enchimento	3.7.....3	Tabela 2 - Massa mínima por amostra.....	3
Material pulverulento ou <i>filler</i>	3.4.....2	Tamanho nominal máximo (TNM)	3.2.....2
Objetivo	1.....2		
