

Norma Portuguesa

NP
EN 933-1
2014

Ensaaios das propriedades geométricas dos agregados Parte 1: Análise granulométrica Método da peneiração

Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats
Partie 1: Détermination de la granularité
Analyse granulométrique par tamisage

Tests for geometrical properties of aggregates
Part 1: Determination of particle size distribution
Sieving method

ICS
91.100.15

CORRESPONDÊNCIA
Versão portuguesa da EN 933-1:2012

HOMOLOGAÇÃO
Termo de Homologação n.º 161/2014, de 2014-09-09
Esta Norma substitui a NP EN 933-1:2000 (Ed. 1)

ELABORAÇÃO
CT 155 (InIR)

2ª EDIÇÃO
2014-09-15

CÓDIGO DE PREÇO
X005

© IPQ reprodução proibida

Instituto Português da  Qualidade

Rua António Gião, 2
2829-513 CAPARICA PORTUGAL

Tel. + 351-212 948 100 Fax + 351-212 948 101
E-mail: ipq@ipq.pt Internet: www.ipq.pt

Preâmbulo nacional

À Norma Europeia EN 933-1:2012, foi dado o estatuto de Norma Portuguesa em 2012-05-02 (Termo de Homologação nº 412/2012, de 2012-05-02).

Versão portuguesa

Ensaios das propriedades geométricas dos agregados
Parte 1: Análise granulométrica
Método da peneiração

Prüfverfahren für geometrische
Eigenschaften von
Gesteinskörnungen
Teil 1: Bestimmung der
Korngrößenverteilung
Siebverfahren

Essais pour déterminer les
caractéristiques géométriques
des granulats
Partie 1: Détermination de la
granularité
Analyse granulométrique par
tamisage

Tests for geometrical
properties of aggregates
Part 1: Determination of
particle size distribution
Sieving method

A presente Norma é a versão portuguesa da Norma Europeia EN 933-1:2012, e tem o mesmo estatuto que as versões oficiais. A tradução é da responsabilidade do Instituto Português da Qualidade.

Esta Norma Europeia foi ratificada pelo CEN em 2011-10-29.

Os membros do CEN são obrigados a submeter-se ao Regulamento Interno do CEN/CENELEC que define as condições de adoção desta Norma Europeia, como norma nacional, sem qualquer modificação.

Podem ser obtidas listas atualizadas e referências bibliográficas relativas às normas nacionais correspondentes junto do Secretariado Central ou de qualquer dos membros do CEN.

A presente Norma Europeia existe nas três versões oficiais (alemão, francês e inglês). Uma versão noutra língua, obtida pela tradução, sob responsabilidade de um membro do CEN, para a sua língua nacional, e notificada ao Secretariado Central, tem o mesmo estatuto que as versões oficiais.

Os membros do CEN são os organismos nacionais de normalização dos seguintes países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovénia, Espanha, Estónia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Baixos, Polónia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Roménia, Suécia, Suíça e Turquia.

CEN

Comité Européen de Normalization
Europäisches Komitee für Normung
Comité Européen de Normalisation
European Committee for Standardization

Secretariado Central: Avenida Marnix 17, B-1000 Bruxelas

| Sumário | Página |
|---|---------------|
| Preâmbulo nacional | 2 |
| Preâmbulo..... | 6 |
| 1 Objetivo e campo de aplicação..... | 7 |
| 2 Referências normativas | 7 |
| 3 Termos e Definições..... | 7 |
| 4 Princípio | 7 |
| 5 Aparelhos e utensílios..... | 8 |
| 6 Preparação dos provetes | 8 |
| 7 Procedimento..... | 9 |
| 7.1 Lavagem | 9 |
| 7.2 Peneiração..... | 10 |
| 7.3 Pesagem..... | 10 |
| 8 Cálculo e resultados..... | 11 |
| 8.1 Cálculos | 11 |
| 8.2 Validação dos resultados | 11 |
| 8.3 Fidelidade | 11 |
| 9 Relatório de ensaio | 12 |
| 9.1 Informação obrigatória | 12 |
| 9.2 Informação facultativa..... | 12 |
| Anexo A (normativo) Método de ensaio alternativo para agregados de granulometria extensa com $D \geq 31,5$ mm | 13 |
| A.1 Princípio | 13 |
| A.2 Aparelhos e utensílios..... | 13 |
| A 3 Procedimento | 13 |
| A.3.1 Preparação do provete inicial | 13 |
| A 3.2 Primeira etapa de lavagem - Partículas retidas no peneiro de 16 mm..... | 14 |
| A 3.3 Primeira etapa de peneiração a seco - Partículas retidas no peneiro de 16 mm | 14 |
| A 3.4 Etapa de preparação - Subamostra seca passada no peneiro de 16 mm | 14 |
| A 3.5 Segunda etapa de lavagem - Subamostra reduzida e passada no peneiro de 16 mm | 14 |
| A 3.6 Segunda etapa de peneiração a seco - Subamostra reduzida e passada no peneiro de 16 mm..... | 14 |
| A 4 Cálculos e resultados | 14 |
| A.4.1 Massa seca original..... | 14 |
| A 4.2 Massa retida nos peneiros na primeira etapa de peneiração a seco | 15 |

| | |
|--|-----------|
| A 4.3 Massa retida nos peneiros na segunda etapa de peneiração a seco | 15 |
| A 4.4 Massa dos finos passados no peneiro de 0,063 mm | 15 |
| A 4.5 Distribuição granulométrica | 16 |
| A 4.6 Validação de resultados..... | 16 |
| Anexo B (normativo) Método de ensaio para agregados impróprios para secagem em estufa | 17 |
| Anexo C (informativo) Exemplo de ficha de ensaio..... | 18 |
| Anexo D (informativo) Representação gráfica dos resultados | 19 |
| Bibliografia | 20 |

Preâmbulo

A presente Norma (EN 933-1:2012) foi elaborada pelo Comité Técnico CEN/TC 154 “Aggregates”, cujo secretariado é assegurado pela BSI.

A esta Norma Europeia deve ser atribuído o estatuto de Norma Nacional, seja por publicação de um texto idêntico, seja por adoção, o mais tardar em julho de 2012, e as normas nacionais divergentes devem ser anuladas, o mais tardar em julho de 2012.

Pode acontecer que alguns dos elementos do presente documento sejam objeto de direitos de propriedade. O CEN (e/ou CENELEC) não deve ser responsabilizado pela identificação de alguns ou de todos esses direitos.

Este documento substitui a EN 933-1:1997

A EN 933 – *Tests for geometrical properties of aggregates* é composta pelas seguintes partes:

- Part 1 Determination of particle size distribution – Sieving method*
- Part 2 Determination of particle size distribution – Test sieves, nominal size of apertures*
- Part 3 Determination of particle shape – Flakiness index*
- Part 4 Determination of particle shape – Shape index*
- Part 5 Determination of percentage of crushed and broken surfaces in coarse aggregate particles*
- Part 6 Assessment of surface characteristics – Flow coefficient of aggregates*
- Part 7 Determination of shell content – Percentage of shells for coarse aggregates*
- Part 8 Assessment of fines – Sand equivalent test*
- Part 9 Assessment of fines – Methylene blue test*
- Part 10 Assessment of fines – Grading of filler aggregates (air jet sieving)*
- Part 11 Classification test for the constituents of coarse recycled aggregate*

De acordo com o Regulamento Interno do CEN/CENELEC, a presente Norma deve ser implementada pelos organismos nacionais de normalização dos seguintes países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovénia, Espanha, Estónia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Baixos, Polónia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Roménia, Suécia, Suíça e Turquia.

1 Objetivo e campo de aplicação

Esta Norma descreve o método de referência para a análise granulométrica dos agregados por via seca com lavagem, usado para ensaios de tipo inicial e em caso de litígio. Para outros propósitos, em particular para o controlo da produção em fábrica, outros métodos poderão ser usados, desde que seja estabelecida uma correlação apropriada com o método de referência. É aplicável a todos os agregados, incluindo agregados leves, com dimensão nominal até 90 mm, mas exclui os fíleres.

NOTA 1: A determinação da granulometria dos fíleres é especificada na EN 933-10 Tests for geometrical properties of aggregates Part 10: Determination of fines – Grading of fillers (air jet sieving).

NOTA 2: Peneiração a seco, sem lavagem, poderá ser usada para agregados isentos de partículas suscetíveis de causar aglomeração.

2 Referências normativas

Os documentos a seguir referenciados são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, apenas se aplica a edição citada. Para referências não datadas, aplica-se a última edição do documento referenciado (incluindo as emendas).

- EN 932-2 *Tests for general properties of aggregates – Part 2: Methods for reducing laboratory samples*
- EN 932-5 *Tests for general properties of aggregates – Part 5: Common equipment and calibration*
- EN 933-2 *Tests for geometrical properties of aggregates – Part 2: Determination of particle size distribution – Test sieves, nominal size of apertures*
- ISO 3310-1 *Test sieves – Technical requirements and testing – Part 1: Test sieves of metal wire cloth*
- ISO 3310-2 *Test sieves – Technical requirements and testing – Part 2: Test sieves of perforated metal plate*

3 Termos e Definições

Para os fins da presente Norma, aplicam-se os seguintes termos e definições:

3.1 agregado

Material granular usado na construção que poderá ser natural, artificial ou reciclado.

3.2 provete

Amostra usada integralmente num mesmo ensaio.

3.3 massa constante

Massa determinada por pesagens sucessivas efetuadas após secagem com pelo menos 1 h de intervalo e não diferindo mais que 0,1 %.

NOTA: Em muitos casos, a massa constante pode ser obtida após a secagem do provete por um período de tempo pré-determinado numa estufa definida (ver 5.3) a (110 ± 5) °C. Os laboratórios de ensaio poderão determinar o tempo necessário para se obter massa constante para tipos e dimensões específicas de amostras dependendo da capacidade de secagem da estufa utilizada.

4 Princípio

O ensaio consiste na divisão e separação, por meio de um conjunto de peneiros, de um material em diversas classes granulométricas de granulometria decrescente. A dimensão das aberturas e o número de peneiros são selecionados de acordo com a natureza da amostra e a exatidão requerida.

O método adotado inclui lavagem seguida de peneiração a seco. Quando a lavagem possa alterar as características físicas dum agregado leve, deve ser utilizada a peneiração a seco e o procedimento especificado em 7.1 não deve ser aplicado.

A massa das partículas retidas nos diversos peneiros é relacionada com a massa inicial do material. As percentagens acumuladas passadas em cada peneiro são apresentadas sob forma numérica e, quando requerido, graficamente (ver Anexo D).

5 Aparelhos e utensílios

Salvo indicação em contrário, todo o equipamento deve estar em conformidade com os requisitos gerais da EN 932-5.

5.1 Peneiros de ensaio, com aberturas como especificado na EN 933-2 e em conformidade com os requisitos da ISO 3310-1 e ISO 3310-2.

5.2 Tampa e fundo adaptados aos peneiros

5.3 Estufa ventilada, controlada por termostato de modo a manter uma temperatura de $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, ou qualquer outro equipamento apropriado para secagem dos agregados, sem causar alteração da granulometria.

5.4 Equipamento de lavagem.

5.5 Balanças com exatidão de $\pm 0,1 \%$ da massa do provete

5.6 Tabuleiros e escovas

5.7 Máquina de peneirar (opcional)

6 Preparação dos provetes

As amostras devem ser reduzidas de acordo com a EN 932-2, de modo a obter o número requerido de provetes.

NOTA: Poderá ser necessário humedecer as amostras que contenham quantidades significativas de finos antes de se proceder à redução, de modo a minimizar a segregação e a perda de poeira.

A massa de cada provete deve estar em conformidade com o especificado no Quadro 1.

Quadro 1 – A dimensão mínima dos provetes de ensaio

| Máxima dimensão do agregado <i>D</i> mm | Massa de agregado kg | Volume de agregado leve (litros) |
|--|-------------------------|-------------------------------------|
| 90 | 80 | - |
| 32 | 10 | 2,1 |
| 16 | 2,6 | 1,7 |
| 8 | 0,6 | 0,8 |
| ≤ 4 | 0,2 | 0,3 |

NOTA 1: Para os agregados de outras dimensões inferiores a 90 mm, a massa mínima do provete poderá ser interpolada a partir das massas do Quadro 1, usando a seguinte fórmula: $M = (D/10)^2$

onde: *M* massa mínima do provete, em kg

D máxima dimensão do agregado, em mm.

NOTA 2: A fidelidade do método de ensaio poderá ser reduzida se a massa do provete for inferior ao valor do Quadro 1. Neste caso a massa do provete deverá ser apresentada no relatório de ensaio (9.2).

NOTA 3: Para os agregados de massa volúmica superior a 3,00 Mg/m³ (ver EN 1097-6), deverá aplicar-se uma correção apropriada às massas dos provetes do Quadro 1, baseada na relação entre as massas volúmicas, de forma a obter um provete de volume aproximadamente igual ao dos agregados de massa volúmica normal.

NOTA 4: Para agregados leves em conformidade com a EN 13055 utilizar a coluna do volume para escolher o tamanho apropriado dos provetes. Os volumes de agregados de outras dimensões poderão ser interpolados.

A redução da amostra deve permitir obter um provete com massa superior ao mínimo, mas sem valor exato pré-determinado.

Secar o provete de ensaio a uma temperatura de (110 ± 5) °C até alcançar massa constante. Deixar arrefecer, pesar e registar a massa como *M*₁.

Para alguns tipos de agregados, a secagem a 110 °C une fortemente as partículas dificultando a sua separação durante os procedimentos posteriores de lavagem e/ou peneiração. Para este tipo de agregados deve ser adotado o procedimento descrito no Anexo B.

Para todos os agregados de granulometria extensa com *D* igual ou superior a 31,5 mm poderá ser adotado o procedimento descrito no Anexo A.

7 Procedimento

7.1 Lavagem

Colocar o provete num recipiente e adicionar água suficiente para o cobrir.

NOTA 1: Um período de imersão de 24 h facilita a desagregação de torrões. Poderá utilizar-se um agente dispersor.

Agitar a amostra com o vigor necessário para se obter a separação completa e a suspensão dos finos.

Molhar ambos os lados de um peneiro de 0,063 mm, usado exclusivamente nesta operação, e colocar por cima um peneiro de proteção (p. ex. 1 mm ou 2 mm). Colocar os peneiros de maneira a que a suspensão que os atravessa possa ser despejada ou, se necessário, recolhida num recipiente adequado. Despejar o conteúdo do recipiente no peneiro superior. Continuar a lavagem até que a água que atravessa o peneiro de 0,063 mm seja límpida.

NOTA 2: Deverão ser tomadas precauções para evitar sobrecarga, transbordo ou danos nos peneiros de 0,063 mm e de proteção. Para certos agregados, será necessário despejar apenas os finos em suspensão para o peneiro de proteção e continuar a lavar o

material grosso no recipiente e decantando os finos em suspensão sobre o peneiro de proteção, até que a água que atravessa o peneiro de 0,063 mm seja límpida.

Secar o material retido no peneiro de 0,063 mm a $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ até alcançar massa constante. Deixar arrefecer, pesar e registrar a massa como M_2 .

7.2 Peneiração

Despejar o material lavado e seco (ou diretamente a amostra seca) na coluna de peneiros. Esta coluna é constituída por um certo número de peneiros, encaixados e dispostos de cima para baixo por ordem decrescente da dimensão das aberturas, incluindo o fundo e a tampa.

NOTA 1: A experiência tem demonstrado que a lavagem não remove, necessariamente, a totalidade dos finos. Assim, é necessário incluir um peneiro de 0,063 mm na série.

Agitar a coluna de peneiros, manual ou mecanicamente. Retirar os peneiros um a um, começando pelo de maior abertura e agitar cada peneiro manualmente garantindo que não existe perda de material, utilizando, por exemplo, fundo e tampa.

NOTA 2: A eficácia da peneiração mecânica é influenciada pelo tipo de agregado, tempo de peneiração, carga em cada peneiro e pelos parâmetros do movimento de agitação, tais como a amplitude e a frequência. Assim, o tempo de agitação mecânica deverá ser selecionado cuidadosamente.

Transferir todo o material que passa através de cada peneiro para o peneiro seguinte da coluna, antes de continuar a peneiração com esse peneiro. Deve evitar-se a sobrecarga do peneiro.

NOTA 3: Para evitar a sobrecarga dos peneiros, a fração de agregado de massa volúmica normal retida em cada um dos peneiros (expressa em gramas), no final de cada operação de peneiração, não deverá exceder:

$$\frac{A \times \sqrt{d}}{200}$$

onde:

A é a área do peneiro, em milímetros quadrados

d é a dimensão da abertura do peneiro, em milímetros

Se alguma das frações retidas exceder esta quantidade, deve ser utilizado um dos procedimentos seguintes:

- dividir a fração retida em porções inferiores e peneirá-las uma após a outra;
- dividir a porção da amostra que passa através do peneiro de abertura imediatamente superior, com o auxílio de um repartidor de amostras ou por esquartelamento, e prosseguir a peneiração com o provete reduzido, tendo em conta as reduções efetuadas nos cálculos posteriores.

A peneiração deve ser considerada terminada quando, após peneiração adicional, a massa do material retido em cada peneiro não se alterar mais de 1,0 %.

NOTA 4: Dependendo das características do agregado, a peneiração poderá ser considerada completa quando a massa do material retido não se alterar mais de 1,0 % durante 1 min.

NOTA 5: Para agregados leves, no final da peneiração não deverá ficar retida em cada peneiro mais do que uma camada de partículas.

7.3 Pesagem

Pesar o material retido no peneiro de maior abertura e registrar a sua massa como R_1 .

Efetuar a mesma operação para o peneiro imediatamente inferior e registrar a massa do material retido como R_2 .

Continuar com a mesma operação para todos os peneiros da coluna, de modo a obter as massas das diferentes frações dos materiais retidos e registrar essas massas como $R_3, R_4, \dots, R_i, \dots, R_n$.

Pesar o material retido no fundo após peneiração, caso exista, e registrar a sua massa como P .

8 Cálculo e resultados

8.1 Cálculos

Registrar as várias massas numa ficha de ensaio, cujo exemplo se apresenta no Anexo C.

Calcular a massa retida em cada peneiro, como percentagem da massa inicial seca M_1 .

Calcular a percentagem de passados acumulados em cada peneiro, relativa à massa inicial seca, até ao peneiro de 0,063 mm, mas excluindo este.

Calcular a percentagem de finos f que passa através do peneiro de 0,063 mm de acordo com a seguinte equação:

$$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100$$

onde:

M_1 é a massa seca do provete de ensaio, em quilogramas

M_2 é a massa seca do material retido no peneiro 0,063 mm, em quilogramas

P é a massa do material retido no fundo após peneiração, em quilogramas

No caso de peneiração a seco $f = \frac{100 P}{M_1}$

8.2 Validação dos resultados

É necessário repetir o ensaio sempre que a soma das massas R_i e P difira mais de 1 % da massa M_2 .

8.3 Fidelidade

Os valores de fidelidade seguintes foram publicados tendo por base o documento: “Método para análise granulométrica por peneiração de agregados proposto pelo CEN. Ensaio de peneiração de uma areia. Resultados da experiência de ensaios cruzados de 1996/7.” do Projeto Europeu nº134.

Os valores da repetibilidade r_1 e reprodutibilidade R_1 foram determinados com base na repetição de dois ensaios realizados em cada uma de três frações de agregado fino, uma fração 0/0,4 e duas frações 0/2 mm, em 17 laboratórios de nove países Europeus. Cada laboratório preparou (com auxílio de uma caixa compartimentada) e ensaiou, sucessivamente, duas diferentes massas de amostras, de 200 g e 30 g.

Para qualquer peneiro da série base compreendida entre 0,063 mm e 4 mm, os valores de fidelidade podem ser obtidos pelas seguintes expressões:

$$r_1 = 0,042 \sqrt{X(100,0-X)}$$

$$R_1 = 0,086 \sqrt{X(100,0-X)}$$

onde:

X representa a média da percentagem passada acumulada para cada peneiro

Salienta-se que a fidelidade depende fortemente da carga nos diferentes peneiros, sendo que peneiros sobrecarregados conduzem a piores valores da fidelidade e peneiros pouco carregados conduzem a melhores resultados de fidelidade.

9 Relatório de ensaio

9.1 Informação obrigatória

O relatório de ensaio deve incluir a informação seguinte:

- a) referência à presente Norma Europeia;
- b) identificação da amostra;
- c) identificação do laboratório;
- d) data de receção da amostra;
- e) procedimento de ensaio (lavagem e peneiração ou peneiração a seco);
- f) percentagem cumulativa da massa do provete que passa através de cada peneiro, arredondada à décima mais próxima para o peneiro de 0,063 mm e ao número inteiro mais próximo para os restantes peneiros.

9.2 Informação facultativa

O relatório de ensaio poderá incluir a informação seguinte:

- a) nome e localização da proveniência da amostra;
- b) descrição do material e do procedimento de redução da amostra;
- c) representação gráfica dos resultados (ver Anexo D);
- d) certificado de amostragem;
- e) dimensão do provete;
- f) data do ensaio.

Anexo A

(normativo)

Método de ensaio alternativo para agregados de granulometria extensa com $D \geq 31,5$ mm

A.1 Princípio

Este método de ensaio alternativo também utiliza a lavagem e a peneiração por via seca descritas na secção 7, contudo utiliza um método alternativo para a preparação do provete.

O provete, antes da secagem, é primeiramente dividido através do peneiro de 16 mm de abertura. A subamostra seca retida no peneiro de 16 mm é depois lavada nos peneiros de 0,063 mm e de 16 mm, seca e novamente peneirada.

A subamostra passada no peneiro de 16 mm é igualmente seca e qualquer partícula da fração 0,063/16 mm da primeira subamostra é adicionada a esta subamostra. A quantidade de material passado no peneiro de 16 mm é então reduzida. Esta amostra reduzida é depois lavada no peneiro de 0,063 mm, seca e novamente peneirada.

Proceder à modificação dos cálculos a efetuar para atender a estas etapas adicionais.

NOTA 1: Este método alternativo introduz etapas adicionais ao método de referência, mas reduz a quantidade de material fino a ser lavado, seco e peneirado.

NOTA 2: Este método não deverá ser utilizado como método alternativo ao método "peneiração a seco sem lavagem prévia".

A.2 Aparelhos e utensílios

Os equipamentos devem ser como especificado na secção 5, acrescentando os seguintes:

A.2.1 Peneiro de chapa perfurada de 16 mm de abertura usado na divisão do provete inicial antes da secagem.

A 3 Procedimento

A.3.1 Preparação do provete inicial

Proceder à redução da amostra laboratorial utilizando o procedimento descrito na secção 6 de modo a preparar um provete inicial, de acordo com o especificado no Quadro 1.

Separar o provete inicial utilizando o peneiro de 16 mm. Se necessário, lavar o peneiro para garantir que não há perda de partículas nesta etapa.

NOTA: A etapa de separação deverá ser efetuada com o agregado tal como rececionado. Contudo poderá ser apropriado garantir algum período de secagem para eliminar a água em excesso.

Secar as partículas retidas no peneiro de 16 mm (MC) até massa constante, como especificado na secção 6. Deixar arrefecer, pesar e registar a massa como MC_1 .

Secar as partículas passadas no peneiro de 16 mm (MF) até massa constante, como especificado na secção 6. Deixar arrefecer, pesar e registar a massa como MF_1 .

A 3.2 Primeira etapa de lavagem - Partículas retidas no peneiro de 16 mm

Lavar as partículas secas retidas no peneiro de 16 mm (MC) utilizando o peneiro de 16 mm, um peneiro de 0,063 mm e o procedimento descrito em 7.1.

Secar as partículas lavadas retidas no peneiro de 16 mm até massa constante, como especificado em 7.1. Deixar arrefecer, pesar e registrar a massa como MC_2 .

Secar as partículas lavadas passadas no peneiro de 16 mm e retidas no peneiro de 0,063 mm, até massa constante, como especificado em 7.1. Deixar arrefecer, pesar e registrar a massa como MC_3 .

A 3.3 Primeira etapa de peneiração a seco - Partículas retidas no peneiro de 16 mm

Peneirar a seco as partículas secas retidas no peneiro de 16 mm (com a massa MC_2), utilizando o procedimento descrito em 7.2. Usar o peneiro de 16 mm, peneiros de aberturas superiores apropriadas e um fundo.

Registrar a massa do material retido no peneiro de 16 mm e nos peneiros de maiores aberturas, de acordo com o especificado em 7.3.

Recolher qualquer partícula passada no peneiro de 16 mm e registrar a massa como MC_4 .

A 3.4 Etapa de preparação - Subamostra seca passada no peneiro de 16 mm

Adicionar as partículas da fração 0,063/16 mm provenientes das partículas inicialmente retidas no peneiro de 16 mm (com massa MC_3 e massa MC_4) às partículas do provete inicial que passaram no peneiro de 16 mm (MF). Misturar, pesar e registrar a massa total como MF_2 .

NOTA: A massa MF_2 não deverá diferir mais do que 10 g da massa ($MF_1 + MC_3 + MC_4$).

Reduzir a subamostra produzida até se obter pelo menos a massa especificada no Quadro 1 para uma máxima dimensão do agregado D igual a 16 mm. Registrar a massa da subamostra reduzida como MF_3 .

A 3.5 Segunda etapa de lavagem - Subamostra reduzida e passada no peneiro de 16 mm

Lavar as partículas secas passadas no peneiro de 16 mm (com massa seca MF_3) sobre um peneiro de 0,063 mm seguindo o procedimento descrito em 7.1.

Secar as partículas lavadas retidas no peneiro de 0,063 mm até massa constante, conforme especificado em 7.1. Deixar arrefecer, pesar e registrar a massa como MF_4 .

A 3.6 Segunda etapa de peneiração a seco - Subamostra reduzida e passada no peneiro de 16 mm

Peneirar a seco as partículas secas da fração 0,063/16 mm (com a massa seca MF_4) usando o procedimento definido em 7.2.

Registrar a massa do material retido em cada um dos peneiros como especificado em 7.3, utilizando as referências RF_3 , RF_4 , RF_n ; e a massa passada no peneiro de 0,063 mm como PF .

A 4 Cálculos e resultados

A.4.1 Massa seca original

Usar os valores registrados em A.3.1 para calcular a massa seca inicial M_1 usando a seguinte equação:

$$M_1 = MC_1 + MF_1 \quad (1)$$

onde:

M_1 é a massa seca do provete inicial

MC_1 é a massa seca do provete inicial retida no peneiro de 16 mm

MF_1 é a massa seca do provete inicial passada no peneiro de 16 mm

A 4.2 Massa retida nos peneiros na primeira etapa de peneiração a seco

Usar os valores registados em A.3.3 para calcular a massa retida em cada um dos peneiros R_n em percentagem da massa seca inicial M_1 .

A 4.3 Massa retida nos peneiros na segunda etapa de peneiração a seco

Usar os valores registados em A.3.6 para calcular a massa equivalente no provete inicial seco usando as seguintes equações:

$$P = PF \times MF_2/MF_3 \quad (2)$$

e

$$R_n = RF_n \times MF_2/MF_3 \quad (3)$$

onde:

MF_2 é a massa seca do provete inicial passada no peneiro de 16 mm

MF_3 é a massa seca da subamostra reduzida passada no peneiro de 16 mm

P é a massa seca equivalente do material retido no fundo

PF é a massa seca do material retido no fundo

R_n é a massa seca equivalente do material retido em cada um dos peneiros

RF_n é a massa seca do material retido em cada um dos peneiros

A 4.4 Massa dos finos passados no peneiro de 0,063 mm

Usar os valores registados em A.3.1 e A.3.2 para calcular a massa dos finos das partículas inicialmente retidas no peneiro de 16 mm FC_1 usando a seguinte equação:

$$FC_1 = MC_1 - (MC_2 + MC_3) \quad (4)$$

onde:

FC_1 é a massa dos finos das partículas inicialmente retidas no peneiro de 16 mm

MC_1 é a massa seca do provete inicial retida no peneiro de 16 mm

MC_2 é a massa seca das partículas retidas no peneiro de 16 mm depois da primeira etapa de lavagem

MC_3 é a massa seca das partículas passadas no peneiro de 16 mm depois da primeira etapa de lavagem

Usar os valores registados em A.3.4 e A.3.5 para calcular a massa equivalente de finos nas partículas inicialmente passadas no peneiro 16 mm FF_1 usando a seguinte equação:

$$FF_1 = MF_2/MF_3 \times (MF_3 - MF_4) \quad (5)$$

onde:

FF_1 é a massa de finos das partículas inicialmente retidas no peneiro de 16 mm

MF_2 é a massa seca do provete inicial passada no peneiro de 16 mm

MF_3 é a massa seca da subamostra reduzida passada no peneiro de 16 mm

MF_4 é a massa inicial seca das partículas depois da segunda etapa de lavagem

Calcular a massa total equivalente de finos f usando a seguinte equação:

$$f = FC_1 + FF_1 + P \quad (6)$$

onde:

f é a massa total equivalente de finos

A 4.5 Distribuição granulométrica

Usar os valores das massas e das massas equivalentes retidas em cada um dos peneiros das secções A.4.2 e A.4.3 para calcular a percentagem acumulada passada em cada peneiro relativa à massa seca inicial (M_1).

Usar o valor da massa total equivalente de finos da secção A.4.4 para calcular a percentagem de finos relativa à massa inicial seca M_1 .

A 4.6 Validação de resultados

Se a soma das massas R_n e f diferir mais do que 1 % da massa seca inicial M_1 o ensaio deve ser repetido.

Anexo B
(normativo)

Método de ensaio para agregados impróprios para secagem em estufa

Para agregados impróprios para secagem em estufa a 110 °C é necessário obter o dobro do número de provetes e registar as suas massas. O teor de água de um dos provetes do par deve ser determinado por secagem em estufa a (110 ± 5) °C.

O outro provete deve ser ensaiado pelo procedimento de lavagem e peneiração, sem pré-secagem. A massa seca inicial deste segundo provete deve ser calculada, assumindo-se que o par de provetes tem semelhante teor de água, e registada como M_1' .

Anexo C
(informativo)

Exemplo de ficha de ensaio

| | |
|---|--|
| Análise granulométrica – Método de peneiração EN 933-1 | Laboratório: |
| Identificação da amostra | Data de receção de amostra: Operador: |
| Procedimento usado: lavagem e peneiração/peneiração a seco (riscar o que não interessa) | |

Massa seca total $M_1 =$ (ou $M_1' =$ ver Anexo B)

Massa seca após lavagem $M_2 =$

Massa seca dos finos removidos por lavagem $M_1 - M_2 =$

| Abertura dos peneiros | Massa do material retido (R_i) | Percentagem do material retido | Percentagem cumulativa do material passado |
|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|
| mm | kg | $100 \times R_i/M_1$ (% em massa) | $100 - \Sigma (100 \times R_i/M_1)$ (% em massa) |
| | R_1 R_2 | | (arredondado ao número inteiro mais próximo) |
| Material retido no fundo | P | | |

Percentagem de finos que passa no peneiro de 0,063 mm, $f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100$

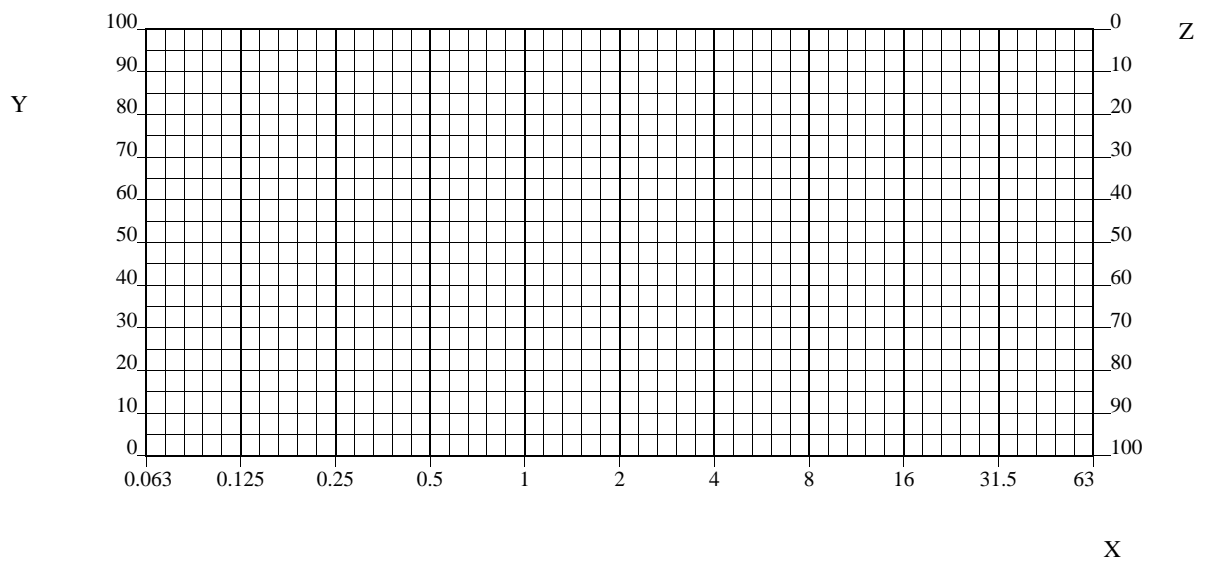
Para peneiração a seco, $f = \frac{100 P}{M_1}$ (arredondado à décima mais próxima)

| | |
|---|--------------|
| $\Sigma R_i + P =$ | Observações: |
| $\frac{M_2 - (\Sigma R_i + P)}{M_2} \times 100 =$ < 1 % | |

A massa seca do provete deverá ser registada como M_1 , quando determinada directamente, ou como M_1' , quando é calculada a partir de um par de provetes.

Anexo D
(informativo)

Representação gráfica dos resultados



Legenda:

- Y % cumulativa passada
- X aberturas dos peneiros (mm)
- Z % cumulativa retida

Figura D.1 – Representação gráfica dos resultados

Bibliografia

- EN 1097-6 *Tests for mechanical and physical properties of aggregates – Part 6: Determination of particle density and water absorption*
- EN 13055 *Lightweight aggregates*