



Laboratório de  
Materiais de  
Construção Civil

Departamento Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.  
DECIV/EM/UFOP

# **4ª AULA PRÁTICA**

## **MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO I - CIV 237**

### **CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS**

*Determinação da Massa Unitária e Massa Específica dos Agregados*

***Aluno:***

Prof.: Ricardo Fiorotti  
Téc. Responsável: Júnio Batista

Roteiro de Materiais de Construção  
Elaborado junto ao Departamento de  
Engenharia Civil da UFOP

Ouro Preto- MG  
2015

## 4.1. MASSA ESPECÍFICA

### 4.1.1. Definição

**Massa específica** - Relação entre a massa do agregado seco e o volume dos grãos, incluindo os poros impermeáveis.

### 4.1.2. Métodos para determinação da massa específica

**Agregado miúdo:** Frasco de Chapman - NBR 9776

**Agregado graúdo:** Balança Hidrostática - NBR NM 53

### 4.1.3. Agregado miúdo: Frasco de Chapman - NBR 9776

#### 4.1.3.1. Aparelhagem

- Balança com capacidade de 1 kg e resolução de 1g;
- Frasco de Chapman

#### 4.1.3.2. Amostra

500 g do material seco em estufa (105°C - 110°C) até constância de massa.

#### 4.1.3.3. Ensaio

- a) Colocar água no frasco (até marca de 200 cm<sup>3</sup>);
- b) Introduzir 500g de agregado seco;
- c) Agitar até eliminar as bolhas de ar;
- d) Efetuar a leitura do nível atingido pela água.

#### 4.1.3.4. Resultado

A massa específica do agregado miúdo é calculada pela seguinte expressão:

$$\rho = \frac{M_s}{L - L_0} = \frac{500}{L - 200}$$

Onde:

$\rho$  = Massa específica do agregado miúdo expressa em kg/dm<sup>3</sup>;

$M_s$  = Massa do material seco (500 g);

$L_0$  = Leitura inicial do frasco (200 cm<sup>3</sup>);

$L$  = Leitura final do frasco.

#### 4.1.3.5. Observações

- Duas determinações consecutivas feitas com amostras do mesmo agregado miúdo não devem diferir entre si mais de 0,05g/cm<sup>3</sup>
- O resultado deve ser expresso com três algarismos significativos.

Determinação		1ª	2ª
<b>Ms</b>	Massa de areia seca (g)	500	500
<b>L<sub>0</sub></b>	Leitura Inicial (cm <sup>3</sup> )	200	200
<b>L</b>	Leitura Final (cm <sup>3</sup> )		
<b>ρ</b>	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )		
	Valor médio (g/cm <sup>3</sup> )		

#### 4.1.4. Agregado graúdo: Balança hidrostática - NBR NM 53

##### 4.1.4.1. Aparelhagem

- Balança tipo hidrostática com capacidade mínima para 10 Kg e resolução de 1 Kg;
- Cesto de arame com abertura de malha igual ou inferior a 3,35 mm e capacidade para 4 dm<sup>3</sup> a 7 dm<sup>3</sup>, para agregados de dimensão máxima característica de 37,5 mm.

##### 4.1.4.2. Amostra

- Eliminar todo o material passante pela peneira de 4,75 mm por via seca, exceto quando o contém mais que 2% de material que passante na peneira;
- O material menor que 4,75 mm deve ser ensaiado segundo a NBR 9776.

##### 4.1.4.3. Ensaio

- Lavar a amostra e secar até constância de massa à temperatura de 105° - 110°C ;
- Imergir em água à temperatura ambiente por ± 24h;
- Secar superficialmente a amostra e determinar a massa M<sub>sss</sub> (agregado saturado com superfície seca) - (B);
- Colocar a amostra no cesto, depois colocá-lo debaixo d'água para determinação da massa m<sub>a</sub> (massa em água) - (C);
- Secar o agregado durante 24h até massa constante a 105°C, deixar esfriar e pesar novamente (m<sub>s</sub> - agregado seco) - (A).

##### 4.1.4.4. Resultado

Massa específica do agregado na condição saturada superfície seca:

$$\gamma_{sss} = \frac{B}{B - C}$$

Onde:

$\gamma_{sss}$  = Massa específica (g/cm<sup>3</sup>)

B = Massa da amostra na condição SSS (g)

C = Massa da amostra em água (g)

Absorção de água:

$$a = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Onde:

$a$  = Absorção de água (g/cm<sup>3</sup>)

$B$  = Massa da amostra na condição SSS (g)

$A$  = Massa da amostra seca (g)

Quando a amostra é ensaiada em frações, o valor médio da massa específica deve ser calculado utilizando a formula seguinte:

$$d_p = \frac{1}{\frac{P_1}{d_1} + \frac{P_2}{d_2} + \dots + \frac{P_n}{d_n}}$$

Onde:

$d_p$  = Massa específica média (g/cm<sup>3</sup>)

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = São as porcentagens em massa de cada fração, presentes na amostra original

$d_1, d_2, \dots, d_n$  = São os valores de massa específica de cada fração

Determinação		1	2	Valor médio (g/cm <sup>3</sup> )
<b>A</b>	Massa da amostra seca $M_s$ (g)			
<b>B</b>	Massa da amostra na condição SSS $M_{sss}$ (g)			
<b>C</b>	Massa da amostra em água $M_a$ (g)			
$\gamma_{sss}$	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )			
<b>a</b>	Absorção de água (%)			

## 4.2. MASSA UNITÁRIA EM ESTADO SOLTO - NBR NM 45

### 4.2.1. Definição

**Massa unitária no estado solto** - relação entre a massa do agregado seco contida em determinado recipiente e o volume deste.

### 4.2.2. Aparelhagem

- Balança;
- Estufa;
- Concha ou pá;
- Recipiente cilíndrico.

### 4.2.3. Amostra

- Dobro do volume do recipiente.

### 4.2.4. Ensaio

- a) Determinar a massa do recipiente;
- b) Encher o recipiente, lançando o agregado de uma altura de 10 a 12 cm no topo;
- c) Alisar a superfície com régua (agregado miúdo) ou regularizar, compensando saliências e reentrâncias das pedras (agregado graúdo);
- d) Determinar a massa do recipiente cheio com o agregado.

**Nota importante:** No caso de agregado miúdo (areia), a massa unitária varia com o teor de umidade (ver inchamento); por isso o ensaio deve ser feito com agregado seco.

### 4.2.5. Observações

- A massa unitária do agregado solto é a média das três determinações, dada em kg/dm<sup>3</sup>, com aproximação de 0,01 kg/dm<sup>3</sup>;
- Os resultados individuais de cada ensaio não devem apresentar desvios maiores que 1% em relação à média

### 4.2.6. Resultado

$$\text{Massa unitária (Kg/dm}^3\text{)} = \left( \frac{\text{Massa do agregado}}{\text{Volume do recipiente}} \right)$$

$$\mu = \frac{M_T - M_C}{V} = \frac{M}{V}$$

**Agregado miúdo**

	<b>Determinação</b>	<b>1<sup>a</sup></b>	<b>2<sup>a</sup></b>	<b>3<sup>a</sup></b>
<b>Mc</b>	Massa do recipiente (Kg)			
<b>Mr</b>	Massa do rec. + Amostra (Kg)			
<b>M</b>	Massa da amostra (Kg)			
<b>V</b>	Massa unitária (Kg/dm <sup>3</sup> )			
<b>μ</b>	Valor médio (Kg/dm <sup>3</sup> )			

**Agregado graúdo**

	<b>Determinação</b>	<b>1<sup>a</sup></b>	<b>2<sup>a</sup></b>	<b>3<sup>a</sup></b>
<b>Mc</b>	Massa do recipiente (Kg)			
<b>Mr</b>	Massa do rec. + Amostra (Kg)			
<b>M</b>	Massa da amostra (Kg)			
<b>V</b>	Massa unitária (Kg/dm <sup>3</sup> )			
<b>μ</b>	Valor médio (Kg/dm <sup>3</sup> )			