



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

PRÁTICAS  
PARA A DISCIPLINA  
LABORATÓRIO DE MATERIAIS DE  
CONSTRUÇÃO CIVIL 2 –  
**AGREGADOS**

APOSTILA DO PROFESSOR



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

## **LABORATÓRIO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

**APOSTILA DE ENSAIOS DE LAB. DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
2º SEM/2014**

**2º SEM / 2014**

**Apostila de ensaios de Lab. de MAT. DE  
CONST. CIVIL  
FEAP  
CURSO DE ENGENHRIA CIVIL  
Laboratório Multiuso**

**1ª. edição**



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

## **AGREGADO MIÚDOS**

### **1.1 - AGREGADO MIÚDO - DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA E MASSA ESPECÍFICA APARENTE**

**NORMA: ABNT NM 52: 2002**

#### **MATERIAIS E EQUIPAMENTOS:**

- Balança - Capacidade mínima de 1kg e sensibilidade de 0,1g;
- Frasco Aferido;
- Estufa;
- Recipiente para amostra;
- 500g de agregado miúdo;
- Água;
- Espátula;

#### **EXECUÇÃO:**

- 01) Pesar 500g de amostra na condição saturada superfície seca – amostra das baias externas (ms);
- 02) Colocar a amostra no frasco e registrar a massa do conjunto (m1);
- 03) Encher o frasco com água até próximo da marca de 500ml.
- 04) Movê-lo de forma a eliminar as bolhas de ar.
- 05) Após 1h, aproximadamente, completar com água até a marca de 500cm<sup>3</sup> e determinar a massa total (m2)
- 06) Retirar o agregado miúdo do frasco e secá-lo a (105 + ou – 5)°C até massa constante.
- 07) Esfriar a amostra e pesar (m)



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

**RESULTADO:**

a) A massa específica aparente do agregado seco:

$$d_1 = \frac{m}{V - V_a}$$

Onde:

$d$  = massa específica aparente do agregado seco ( $\text{g/cm}^3$ )

$m$  = massa da amostra seca em estufa (g)

$V$  = volume da água adicionada ao frasco ( $\text{cm}^3$ )

$V_a$  = volume da água adicionada ao frasco ( $\text{cm}^3$ ) de acordo com a seguinte fórmula

$$V_a = \frac{m_2 - m_1}{\rho_a}$$

Onde:

$m_2$  = massa total (frasco + agregado + água) em g.

$m_1$  = massa do conjunto (frasco + agregado) em g.

23

$a$  = massa específica da água ( $\text{g/cm}^3$ )

b) Massa específica da agregada saturada superfície seca

$$d_2 = \frac{m_s}{V - V_A}$$

Onde:

$d_2$  = massa específica da agregada saturada superfície seca ( $\text{g/cm}^3$ )

$m_s$  = massa da amostra na condição saturada superfície seca (g)



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

$V$  = volume da água adicionada ao frasco ( $\text{cm}^3$ )

$V_a$  = volume da água adicionada ao frasco ( $\text{cm}^3$ ) conforme fórmula citada acima.

- c) Massa específica (agregados a serem utilizados em concreto em sua condição natural de umidade)

$$d_3 = \frac{m}{(V - V_A) - \frac{m_s - m}{\rho_a}}$$

Onde:

$d_3$  = é a massa específica do agregado ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$m$  = massa da amostra seca em estufa (g)

$V$  = volume da água adicionada ao frasco ( $\text{cm}^3$ )

$V_a$  = volume da água adicionada ao frasco ( $\text{cm}^3$ ) conforme fórmula citada acima.

$m_s$  = massa da amostra na condição saturada superfície seca (g)

$\rho_a$  = massa específica da água ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

O resultado deve ser expresso com três algarismos significativos. Os resultados realizados com a mesma amostra não devem diferir em mais de 0,02  $\text{g}/\text{cm}^3$  para a massa específica.



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

## 1.2- DETERMINAÇÃO DA UMIDADE TOTAL EM AGREGADOS MIÚDOS PELO MÉTODO DA ESTUFA.

**NORMA:** Não normalizado pela ABNT

### **MATERIAIS 1/ EQUIPAMENTOS:**

- Balança - Cap. Mínima de 1kg e sensibilidade de 1g;
- Estufa;
- Forma metálica (vasilhame);
- 500g de agregado úmido (Pi);
- Espátula;
- Luvas;

### **EXECUÇÃO:**

- 01) Com muito cuidado e com as luvas proceda;
- 02) Colocar o agregado dentro do vasilhame e levar até a estufa por 24 horas até a consistência de massa;
- 03) Retire a fora com o agregado da estufa;
- 04) Deixar esfriar e pesar o agregado agora seco (Pf).

### **RESULTADO:**

A umidade é calculada pela seguinte fórmula:

$$H = \frac{(P_i - P_f)}{P_f} \times 100 (\%)$$

Onde:



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

Pi é o peso inicial ou peso do agregado úmido e Pf é o peso final ou peso do agregado seco.

### 1.3- AGREGADOS - DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

**NORMA:** ABNT NBR NM 248: 2003

#### **MATERIAIS / EQUIPAMENTOS:**

- Série de Peneiras denominadas normal: 4,75mm - 2,36mm - 1,18mm - 600 $\mu$ m - 300 $\mu$ m - 150 $\mu$ m e fundo;
- Balança: Cap. Mínima de 1kg e sensibilidade de 1g;
- 2 kg de agregado miúdo seco em estufa até a constância de massa;
- Agitador de Peneiras;

#### **EXECUÇÃO:**

- 1) Formar a amostra para o ensaio seguindo a tabela abaixo:

<b>Agregado Miúdo</b>	<b>Agregado</b>	<b>Graúdo</b>
<b>Min. 0,3kg Ensaio: 0,5kg</b>	D.Max = 9,5mm	1kg
	D.Max = 12,5mm	2kg
	D.Max = 19mm	5kg
	D.Max = 25mm	10kg
	D.Max = 37,5mm	15kg

- 2) Montar a série de peneiras e fundo apropriadamente;
- 3) Colocar a amostra ou porções da mesma sobre a peneira superior do conjunto, de modo a evitar a formação de uma camada espessa de material sobre qualquer uma das peneiras. A tabela abaixo mostra a máxima quantidade de material sobre as telas das peneiras:



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

<b>Agregado Miúdo</b>	<b>Agregado Graúdo</b>	
<b>0,2kg</b>	D.Max = 4,75mm	0,33Kg
	D.Max = 9,5mm	0,67kg
	D.Max = 12,5mm	0,89kg
	D.Max = 19mm	1,4kg
	D.Max = 25mm	1,8kg
	D.Max = 37,5mm	2,7kg

- 4) A amostra é peneirada através da série normal de peneiras, de modo que seus grãos sejam separados e classificados em diferentes tamanhos;
- 5) O peneiramento deve ser contínuo, de forma que após 1 minuto de peneiramento contínuo, através de qualquer peneira não passe mais que 1% do peso total da amostra (agitador de peneiras por □□5 min e peneiramento manual até que não passe quantidade significativa de material);
- 6) O material retido em cada peneira e fundo é separado e pesado;
- 7) O somatório de todas as massas não deve diferir mais de 0,3% da massa inicial da amostra.
- 8) Se um agregado fino apresentar entre 5% a 15% de material mais grosso do que 4,8mm, será ele ainda considerado globalmente como “agregado miúdo”. Se um agregado grosso apresentar até 15% de material passando pela peneira 4,8mm, será ele, ainda, globalmente considerado como “agregado graúdo”. Porém, se mais do que 15% de um agregado fino for mais grosso do que 4,8mm, ou mais do que 15% de um agregado grosso passar na peneira 4,8mm, serão consignadas separadamente as composições granulométricas das partes do material acima e abaixo da referida peneira.





Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

**RESULTADO:**



PENEIRA #	Peso retido (g)	% Retida	% Retida Acumulada
4,75mm	Peso retido na # 4,8mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Retida
2,36mm	Peso retido na # 2,4mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
1,18mm	Peso retido na # 1,2mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
0,6mm	Peso retido na # 0,6mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
0,3mm	Peso retido na # 0,3mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
0,15mm	Peso retido na # 0,15mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
Fundo	Peso retido no fundo	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
Total	Somatório= peso da amostra	100%	

Dimensão Máxima Característica (DMC): Corresponde à abertura da malha da peneira (em mm) na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% da massa.

Módulo de Finura (M.F.): O Módulo de Finura é calculado pela fórmula:

$$M.F. = \frac{\sum \% \text{ Retida Acumulada} - \text{Fundo e } \# \text{ intermediárias}}{100}$$

Classificação do agregado:



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

Abertura da malha das peneiras (mm)	Faixas em relação as % retidas acumuladas			
	Limites Inferiores		Limites Superiores	
	Zona	Zona	Zona	Zona
	Utilizável	Ótima	Utilizável	Ótima
9,5	0	0	0	0
6,3	0	0	0	7
4,75	0	0	5	10
2,36	0	10	20	25
1,18	5	20	30	50
0,6	15	35	55	70
0,3	50	65	85	95
0,15	85	90	95	100
Fundo	100	100	100	100

<b>Agregado Miúdo</b>	<b>Módulo de Finura</b>
Zona utilizável inferior	$1,55 \leq MF < 2,20$
Zona ótima	$2,20 \leq MF < 2,90$
Zona utilizável inferior	$2,90 \leq MF < 3,50$



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

#### 1.4- AGREGADO EM ESTADO SOLTO - DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA

**NORMA:** ABNT NBR 7251:1982

##### **MATERIAIS / EQUIPAMENTOS:**

- Balança com limite de erro de 0,5% da amostra;
- Recipiente paralelepípedo;
- Estufa (105 a 110°C);
- Pá / concha;
- Régua.

Recipiente - dimensões mínimas:

D.Max. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	Volume (dm <sup>3</sup> ) (V)
≤4,8	316 x 316	150	15
>4,8 e ≤ 50	316 x 316	200	20
> 50	447 x 447	300	60

##### **EXECUÇÃO:**

- 01) Preparar a amostra a ser ensaiada de modo que esta tenha pelo menos o dobro do volume do recipiente utilizado;
- 02) Sempre que a amostra ensaiada não estiver no estado seco, deve ser indicado o teor de umidade correspondente;
- 03) Encher o recipiente deverá com o auxílio de uma concha/pá, sendo o agregado lançado de uma altura de 10 a 12cm do topo do recipiente;



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

- 04) A superfície deverá ser alisada com uma régua tomando como limite as bordas da caixa (rasar o topo);
- 05) O recipiente é pesado (kg) com o material nele contido, a massa do agregado ( $M_a$ ) é a diferença entre este e do recipiente vazio;
- 06) Durante a execução do ensaio deve-se tomar cuidado com a caixa (recipiente) para que não ocorra segregação das partículas devido a batidas ou trepidações na mesma, bem como com o agregado lançado (derramado da concha para a caixa);
- 07) Deve-se promover pelo menos três determinações com amostras distintas  $M_a(1)$ ,  $M_a(2)$  e  $M_a(3)$ ;

#### **RESULTADO:**

A massa específica aparente é a média de três determinações dividindo-se a média das massas pelo volume do recipiente utilizado.

$$\gamma = \frac{M_a}{V} \quad (\text{g} / \text{cm}^3)$$

$$\gamma \text{ médio} = \frac{\gamma(1) + \gamma(2) + \gamma(3)}{3}$$

#### **1.5- DETERMINAÇÃO DO TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS DO AGREGADO MIÚDO**

**NORMA:** ABNT NBR NM 46:2006

#### **MATERIAIS / EQUIPAMENTOS:**

- Conjunto de Peneiras (# 1,18mm e # 0,075mm);



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

- Um recipiente para lavagem do agregado;
- Água corrente;
- Estufa;
- Balança ` Cap. Mínima de 1kg e sensibilidade de 1g;
- Agregado miúdo [amostra seca em estufa ( $105 \pm 5$ ) °C até a constância de massa];
- Recipiente de vidro;
- Luvas.

**EXECUÇÃO:**

- 1) Pesar a amostra do agregado conforme a tabela abaixo:

D.Max (mm)	Massa Mínima (g) ( <i>mi</i> )
2,36	100
4,75	500
9,5	1000
19	2500
37,5	5000

- 2) Coloca-se o agregado no recipiente;
- 3) Coloca-se água dentro do recipiente de modo que não transborde quando for agitada;
- 4) Agita-se para provocar a separação e suspensão do material pulverulento;
- 5) Verte-se a água com o material em suspensão pelo conjunto de peneiras;
- 6) Lavar as peneiras sobre o recipiente, de modo que todo o material retido nelas, volte para junto da amostra em análise;
- 7) Repete-se o processo (volte ao item 02) até que a água se torne clara. Para verificar isso utiliza-se o recipiente de vidro;
- 8) O agregado lavado é finalmente seco em estufa até a constância de massa;
- 9) Pesa-se o agregado seco (mf).

**RESULTADO:**

O Percentual do material pulverulento é calculado pela fórmula:



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

$$m = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} \times 100 (\%)$$

m – É a porcentagem de material mais fino que a peneira de # 0,075mm por lavagem (material pulverulento);

$m_i$  – É a massa original da amostra seca, em gramas;

$m_f$  - É a massa da amostra seca após a lavagem, em gramas.

Obs. O resultado deve ser a média aritmética de duas determinações.



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

## 1.6- DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ARGILA EM TORRÕES E MATERIAIS FRIÁVEIS

**NORMA:** NBR 7218:1982

### MATERIAIS / EQUIPAMENTOS:

- Recipiente;
- Série de peneiras;
- Balança - Cap. Mínima de 1kg e sensibilidade de 1g;
- Agregado miúdo seco e estufa (105 a 110°C) até a constância de massa ( $\square \square 1500g$ );
- Estufa;

### EXECUÇÃO:

01) Peneiras o agregado miúdo através da série abaixo:

- # \_ 76mm
- # \_ 38mm
- # \_ 19mm
- # \_ 4,8mm
- # \_ 1,2mm

02) Formar as amostras para o ensaio com os pesos mínimos indicados na tabela:

MATERIAL RETIDO ENTRE PENEIRAS	PESO MÍNIMO DA AMOSTRA (kg) (Pi)
1,2 e 4,8mm	0,2
4,8 e 19mm	1
19 e 38mm	3
38 e 76mm	5

03) Colocar cada uma das amostras em diferentes recipientes;

04) Espalha-las na forma e analisar a presença de argila em torrões;

05) Identificar todas as partículas com aparência de torrões de argila ou materiais friáveis, pressiona-las com os dedos, de modo a desfazê-las (destorroamento);



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

06) Peneirar cada uma das amostras em suas respectivas peneiras, seguindo o quadro abaixo:

AMOSTRA	PENEIRA P/REMOÇÃO DE RESÍDUOS
1,2 e 4,8mm	0,6mm
4,8 e 19mm	2,4mm
19 e 38mm	4,8mm
38 e 76mm	4,8mm

07) Pesquisar cada material retido em suas respectivas peneiras (Pf);

08) Calcular o teor parcial da argila em torrões e materiais friáveis (TA) de cada fração indicando-a em porcentagem segundo a expressão:

$$\% TA = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100$$

#### RESULTADO:

O teor global da argila em torrões é calculado segundo a expressão:

$$\sum (\% TA \times \text{Retida}^*)$$

- Valor extraído da análise granulométrica, correspondente a faixa de peneiras segundo o item 02 deste ensaio.





Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

## 2- AGREGADO GRAUDO

### 2.1- DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

**NORMA:** ABNT NBR NM 248:2003

#### **MATERIAIS / EQUIPAMENTOS:**

- Série de Peneiras denominadas normal: (31,5 - 25 - 19 - 12,5 - 9,5 - 6,3 - 4,75) mm e fundo;
- Balança → Cap. Mínima de 1kg e sensibilidade de 1g;
- 2 kg de agregado miúdo seco em estufa até a constância de massa;
- Agitador de Peneiras;

#### **EXECUÇÃO:**

- 1) Formar a amostra para o ensaio seguindo a tabela abaixo:

<b>Agregado Miúdo</b>	<b>Agregado</b>	<b>Graúdo</b>
<b>0,3kg</b>	D.Max = 9,5mm	1kg
	D.Max = 12,5mm	2kg
	D.Max = 19mm	5kg
	D.Max = 25mm	10kg
	D.Max = 37,5mm	15kg

- 2) Montar a série de peneiras e fundo apropriadamente;
- 3) Colocar a amostra ou porções da mesma sobre a peneira superior do conjunto, de modo a evitar a formação de uma camada espessa de material sobre qualquer uma das peneiras. A tabela abaixo mostra a máxima quantidade de material sobre as telas das peneiras:



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

<b>Agregado Miúdo</b>	<b>Agregado</b>	<b>Graúdo</b>
	D.Max = 4,75mm	0,33Kg
<b>0,2kg</b>	D.Max = 9,5mm	0,67kg
	D.Max = 12,5mm	0,89kg
	D.Max = 19mm	1,4kg
	D.Max = 25mm	1,8kg
	D.Max = 37,5mm	2,7kg

- 4) A amostra é peneirada através da série normal de peneiras, de modo que seus grãos sejam separados e classificados em diferentes tamanhos;
- 5) O peneiramento deve ser contínuo, de forma que após 1 minuto de peneiramento contínuo, através de qualquer peneira não passe mais que 1% do peso total da amostra (agitador de peneiras por  $\pm$  5 min e peneiramento manual até que não passe quantidade significativa de material);
- 6) O material retido em cada peneira e fundo é separado e pesado;
- 7) O somatório de todas as massas não deve diferir mais de 0,3% da massa inicial da amostra.
- 8) Se um agregado fino apresentar entre 5% a 15% de material mais grosso do que 4,8mm será ele ainda considerado globalmente como “agregado miúdo”;
- 9) Se um agregado grosso apresentar até 15% de material passando pela peneira 4,8mm, será ele ainda, globalmente considerado como “agregado graúdo”;
- 10) Se porém, mais do que 15% de um agregado fino for mais grosso do que 4,8mm, ou mais do que de um agregado grosso passar na peneira 4,8mm, serão consignadas separadamente as composições granulométricas das partes do material acima e abaixo da referida peneira.



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

**RESULTADO:**

<b>PENEIRA #</b>	<b>Peso retido (g)</b>	<b>% Retida</b>	<b>% Retida Acumulada</b>
<b>31,5mm</b>	Peso retido na # 31,5mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Retida
<b>25mm</b>	Peso retido na # 25mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
<b>19mm</b>	Peso retido na# 19mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
<b>12,5mm</b>	Peso retido na# 12,5mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
<b>9,5mm</b>	Peso retido na # 9,5mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
<b>6,3mm</b>	Peso retido na # 6,3mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
<b>4,75mm</b>	Peso retido na # 4,75mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
<b>Fundo</b>	Peso retido no fundo	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
<b>Total</b>	Somatório= peso da amostra	<b>100%</b>	

**Dimensão Máxima Característica (DMC):**

Corresponde à abertura da malha da peneira (em mm) na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% da massa.

**Módulo de Finura (M.F.):**

O Módulo de Finura é calculado pela fórmula:

$$M.F. = \frac{\sum \% \text{ Retida Acumulada} - \text{Fundo e } \# \text{ intermediárias}}{100}$$



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

**Classificação do agregado:**

Abertura das Peneiras (mm)	Faixas em relação as porcentagens retidas acumuladas				
	Brita Nº 0	Brita Nº 1	Brita Nº 2	Brita Nº 3	Brita Nº 4
75					0 - 5
63					5 - 30
50				0 - 5	75 - 100
37,5				5 - 30	90 - 100
31,5			0 - 5	75 - 100	95 - 100
25		0 - 5	5 - 25	87 - 100	
19		2 - 15	65 - 95	95 - 100	
12,5	0 - 5	40 - 65	92 - 100		
9,5	2 - 15	80 - 100	92 - 100		
6,3	40 - 65	92 - 100	95 - 100		
4,75	80 - 100	95 - 100			
2,36	95 - 100				



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

## 2.2- AGREGADO EM ESTADO SOLTO - DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA

**NORMA:** ABNT NBR 725:1982

### **MATERIAIS / EQUIPAMENTOS:**

- Balança com limite de erro de 0,5% da amostra;
- Recipiente paralelepípedo;
- Estufa (105 a 110oC);
- Pá / concha;
- Régua.

Recipiente - dimensões mínimas:

D.Max. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	Volume (dm <sup>3</sup> ) (V)
≤4,8	316 x 316	150	15
>4,8 e ≤ 50	316 x 316	200	20
> 50	447 x 447	300	60

### **EXECUÇÃO:**

- 1) Preparar a amostra a ser ensaiada de modo que esta tenha pelo menos o dobro do volume do recipiente utilizado;
- 2) Sempre que a amostra ensaiada não estiver no estado seco, deve ser indicado o teor de umidade correspondente;
- 3) Encher o recipiente deverá com o auxílio de uma concha/pá, sendo o agregado lançado de uma altura de 10 a 12cm do topo do recipiente;
- 4) A superfície deverá ser alisada com uma régua tomando como limite as bordas da caixa (rasar o topo);
- 5) O recipiente é pesado (kg) com o material nele contido, a massa do agregado (Ma) é a diferença entre este e do recipiente vazio;



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

- 6) Durante a execução do ensaio deve-se tomar cuidado com a caixa (recipiente) para que não ocorra segregação das partículas devido a batidas ou trepidações na mesma, bem como com o agregado lançado (derramado da concha para a caixa);
- 7) Deve-se promover pelo menos três determinações com amostras distintas  $Ma(1)$ ,  $Ma(2)$  e  $Ma(3)$ ;

**RESULTADO:**

A massa específica aparente é a média de três determinações dividindo-se a média das massas pelo volume do recipiente utilizado.

$$\gamma = \frac{Ma \text{ (g / cm}^3\text{)}}{V}$$

$$\gamma_{\text{médio}} = \frac{\gamma(1) + \gamma(2) + \gamma(3)}{3}$$



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

### 2.3- DETERMINAÇÃO DO TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS DO AGREGADO GRAÚDO

**NORMA:** ABNT NBR NM 46:2006

#### **MATERIAIS / EQUIPAMENTOS:**

- Conjunto de Peneiras (# 1,18mm e # 0,075mm);
- Um recipiente para lavagem do agregado;
- Água corrente;
- Estufa;
- Balança → Cap. Mínima de 1kg e sensibilidade de 1g;
- Agregado miúdo [amostra seca em estufa ( $105 \pm 5$ ) oC até a constância de massa];
- Recipiente de vidro;
- Luvas.

#### **EXECUÇÃO:**

1) Pesar a amostra do agregado conforme a tabela abaixo:

D.Max (mm)	Massa Mínima (g) ( <i>mi</i> )
2,36	100
4,75	500
9,5	1000
19	2500
37,5	5000

- 2) Coloca-se o agregado no recipiente;
- 3) Coloca-se água dentro do recipiente de modo que não transborde quando for agitada;
- 4) Agita-se para provocar a separação e suspensão do material pulverulento;
- 5) Verte-se a água com o material em suspensão pelo conjunto de peneiras;
- 6) Lavar as peneiras sobre o recipiente, de modo que todo o material retido nelas, volte para junto da amostra em análise;



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

- 7) Repete-se o processo (volte ao item 02) até que a água se torne clara. Para verificar isso utiliza-se o recipiente de vidro;
- 8) O agregado lavado é finalmente seco em estufa até a constância de massa;
- 9) Pesa-se o agregado seco (mf).

#### **RESULTADO:**

O Percentual do material pulverulento é calculado pela fórmula:

$$m = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} \times 100 (\%)$$

m – É a porcentagem de material mais fino que a peneira de # 0,075mm por lavagem (material pulverulento);

$m_i$  – É a massa original da amostra seca, em gramas;

$m_f$  - É a massa da amostra seca após a lavagem, em gramas.

Obs. O resultado deve ser a média aritmética de duas determinações.





Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

## 2.4- DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE TOTAL DO AGREGADO GRAÚDO

**NORMA:** NBR 9939:1987

### **MATERIAIS / EQUIPAMENTOS:**

- Balança → Cap. Mínima de 1kg e sensibilidade de 1g;
- Recipiente / Forma;
- Agregado graúdo com umidade (condição de uso);
- Estufa;
- Luvas.

### **EXECUÇÃO:**

- 1) A massa mínima da amostra a ser ensaiada é função do Dimensão Máxima Característica do agregado conforme a tabela abaixo:

<b>D.M.C. (mm)</b>	<b>Massa Mínima (kg)</b>
12,5 ou menor	2,0
19	3,0
25	4,0
37,5	5,0
50	8,0
63	12,0
75	18,0
125	75,0
150	125,0

- 2) Secar a amostra e estufa até a constância de massa;
- 3) Deixar a amostra esfriar até a temperatura ambiente;
- 4) Pesar a amostra seca (Mf)



Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais Alves Fortes

**RESULTADO:** O teor de umidade total é calculado pelas fórmulas:

- **Massa específica do agregado seco:**

$$d = \frac{m}{m - ma} \text{ ( g/cm}^3 \text{ )}$$

$d$  = massa específica do agregado seco (g)

$m$  = massa ao ar da amostra seca (g)

$ma$  = massa em água da amostra (g)

- **Massa específica na condição saturada superfície seca:**

$$ds = \frac{ms}{ms - ma} \text{ ( g/cm}^3 \text{ )}$$

$ds$  = massa específica do agregado na condição saturado superfície seca (g)

$ms$  = massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca (g)

$ma$  = massa em água da amostra (g)

- **Massa específica aparente:**

$$da = \frac{m}{ms - ma} \text{ ( g/cm}^3 \text{ )}$$

$da$  = massa específica aparente do agregado (g)

$m$  = massa ao ar da amostra seca (g)

$ms$  = massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca (g)

$ma$  = massa em água da amostra (g)

- **Absorção:**

$$A = \frac{ms - m}{m} \times 100 \text{ ( % )}$$

$A$  = absorção da água em porcentagem

$m$  = massa ao ar da amostra seca (g)

$ms$  = massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca (g)

Obs. O resultado do ensaio é a média de duas determinações.