

# Procedimentos de aulas de laboratório



Prof. Marcos Alyssandro Soares  
dos Anjos

Este material visa auxiliar os alunos dos cursos técnico de edificações e superior de tecnologia em construção de edifício na execução dos ensaios de caracterização de materiais de construção civil.

Parte 1 - Agregados

**Sumário**

Roteiro para apresentação dos relatórios	2
1.1 - Ensaio: <i>Determinação da massa específica por meio do frasco Chapman</i>	3
1.2 - Ensaio: Agregados em estado solto - <i>Determinação da massa unitária</i>	5
1.3 - Ensaio: Agregados em estado solto - <i>Determinação da massa unitária compactada</i>	6
1.4 - Ensaio: <i>Determinação da umidade superficial dos <u>agregados</u> por secagem em estufa e queima com álcool</i>	7
1.5 - Ensaio: <i>Determinação da umidade superficial do <u>agregado miúdo</u> pelo método do frasco de Chapman</i>	8
1.6 - Ensaio: Agregados - <i>Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água do agregado graúdo</i>	9
1.7 - Ensaio: <i>Determinação da composição granulométrica segundo a ABNT NBR NM 248:2003</i>	10
– Agregados - Determinação da composição granulométrica.	
1.8 - Ensaio: Determinação do Inchamento de Agregado Miúdo	14
1.9 - Ensaio: Determinação de materiais Pulverulentos	17

## ROTEIRO PARA APRESENTAÇÃO DOS RELATÓRIOS

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO  
NORTE

CURSOS: Técnico em Edificações e Superior em Tecnologia em Construção de Edifícios

DISCIPLINA: Todas que envolvam relatórios e trabalhos

### O RELATÓRIO DEVE CONTER OS SEGUINTE ELEMENTOS:

**Folha de rosto:** contendo a identificação da instituição, curso, componente curricular, título do trabalho, nome dos alunos e do professor e a data de entrega do relatório.

#### Sumário

#### 1. Introdução

#### 2. Materiais e Métodos

##### 2.1. Materiais e Equipamentos utilizados

##### 2.2. Procedimento de ensaio

#### 3. Apresentação dos resultados

#### 4. Conclusão

#### Referências

O que deve conter nos itens

**Introdução:** Uma boa introdução deverá localizar o assunto do trabalho (ou experimento) de modo amplo, primeiramente, enfatizando sua importância e justificando o trabalho. Em uma segunda etapa, a introdução deverá ser mais específica com relação aos experimentos e métodos utilizados. Deve conter, ainda, informações teóricas sobre o assunto do ensaio explorando várias literaturas que devem ser citadas a medida em que são usadas no texto através do nome dos autores e do ano da publicação, e esta devem ser relacionadas no item Referências.

**Materiais e Métodos:** Citar todos os materiais utilizados e procedimentos adotados no ensaio. Caso o procedimento ou os materiais utilizados no ensaio diverjam em algum ponto o que precede a norma, cite o fato e o motivo pelo qual foi modificado.

**Apresentação dos resultados:** Os resultados podem ser apresentados em forma de tabelas ou gráficos, sendo numerados seqüencialmente e discutidos antes de serem colocados. Uma boa discussão necessita de bases teóricas (pode-se utilizar referências bibliográficas) e devem ser relacionadas aos resultados obtidos avaliando a prática com relação aos objetivos propostos. Quando possível os resultados experimentais obtidos devem ser comparados com dados de literatura e suas diferenças (quando houver) discutidas.

**Conclusão:** Elaborar a conclusão de modo claro e sucinto e de preferência em itens. Os resultados devem ser relacionados aos objetivos propostos como também à teoria, ou mesmo conclusões próprias, desde que haja embasamento técnico científico para isto. De forma alternativa pode-se fazer um texto respondendo as questões sugeridas no procedimento experimental elaborado pelo Professor Marcos Anjos e entregue antes das aulas práticas.

**Referências:** Devem ser utilizadas ao longo do texto de introdução, experimental, resultados e discussão ou mesmo em figuras necessárias para ilustrar algumas informações. As referências bibliográficas devem ser citadas no texto por nomes dos autores e possuem uma norma para sua apresentação. A seguir apresentamos alguns exemplos de apresentação de referências bibliográficas:

(Moresi, 2003; Da Silva, 2006; Mehta e Monteiro, 2008; Gomes e Barros, 2009; Schnitzler, Costa *et al.*, 2009)

DA SILVA, N. G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária:** Curitiba, Universidade Federal do Paraná–Departamento de Construção Civil 2006.

GOMES, P.; BARROS, A. Métodos de dosagem de concreto autoadensável. **São Paulo. Pini**, 2009.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** Ibracon, 2008. ISBN 8598576123.

MORESI, E. Metodologia da pesquisa. **Universidade Católica de Brasília**, 2003.

SCHNITZLER, E. et al. Proposta de Análises Rápidas De Calcários Da Região De Ponta Grossa Por Termogravimetria (Tg), Comparadas Com As Titulações Complexométricas Clássicas. **Publicatio UEPG-Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, v. 6, n. 01, 2009. ISSN 1809-0281.

## AGREGADOS

### 1.1 - Ensaio: *Determinação da massa específica por meio do frasco Chapman*

#### 1. Normas Pertinentes:

NBR/NM 52:2009 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente

NBR – 7211:2005 - Agregados para concreto – Especificações.

NBR/NM 26:2001: - Agregados – Amostragem: Procedimento.

#### 2. Equipamentos Utilizados:

- Balança com sensibilidade de 0,1 g;
- Frasco Chapman;
- Espátula;
- Funil;
- Pipeta;
- Pá;
- Estufa;
- Cápsula de porcelana.

#### 3. Procedimento:

- Secar a amostra em estufa a 110°C, até constância de peso;
- Pesar 500 g de agregado miúdo;
- Colocar água no frasco Chapman, até a marca de 200 cm<sup>3</sup>;
- Introduzir cuidadosamente as 500 g de agregado no frasco, com auxílio de um funil;
- Agitar o frasco, cuidadosamente, com movimentos circulares, para a eliminação das bolhas de ar (as paredes do frasco não devem ter grãos aderidos);

- Fazer a leitura final do nível da água, que representa o volume de água deslocado pelo agregado (L);
- Repetir o procedimento.

#### 4. Resultados:

A massa específica do agregado miúdo é calculada através da expressão:

$$\mu = \frac{500}{L - 200}, \text{ onde:}$$

$\mu$  = massa específica do agregado miúdo, expressa em g/cm<sup>3</sup> ou kg/dm<sup>3</sup>

L = leitura final do frasco (volume ocupado pela água + agregado miúdo)

#### OBS:

- Duas determinações consecutivas, feitas com amostras do mesmo agregado, não devem diferir entre si de mais de 0,05 g/cm<sup>3</sup>, ou seja:

$$|\mu_1 - \mu_2| \leq 0,05 \text{ g/cm}^3$$

- Os resultados devem ser expressos com duas casas decimais

#### 5) Discussão e Conclusão

Para você escrever a conclusão pense nas seguintes perguntas:

- Qual a importância de se determinar a massa específica dos materiais?
- Os resultados encontrados estão de acordo com os encontrados na bibliografia?
- Discutir possíveis erros.

**Tabela 1.1 – Resultados do ensaio de massa específica**

Amostra 1		Amostra 2	
Ms (g)	Lf (cm3)	Ms (g)	Lf (cm3)
500		500	
$\mu_1$ (g/cm3)		$\mu_2$ (g/cm3)	
$ \mu_1 - \mu_2 $			
$\mu_{\text{médio}}$ (g/cm3)			

## 1.2 - Ensaio: Agregados em estado solto - *Determinação da massa unitária*

### 1. Normas Pertinentes:

NBR/NM 45:2006 - Agregados - *Determinação da massa unitária* e volume de vazios

NBR – 7211:2005 - Agregados para concreto – Especificações.

NBR/NM 26:2001: - Agregados – Amostragem: Procedimento.

### 2. Equipamentos Utilizados:

- Balança com sensibilidade de 0,1 g;
- Espátula;
- Pá;
- Estufa;
- Recipiente paralelepípedo com volume de 15 litros para medição do volume.

### 3. Procedimento:

- Secar a amostra em estufa a 110°C, até constância de peso;
- Determinar o volume do recipiente a ser utilizado ( $V_r$ );
- Separar a amostra a ser utilizada, com volume no mínimo duas vezes o correspondente à capacidade do recipiente a ser usado;
- Pesar o recipiente utilizado para medir a sua massa ( $Mr$ );
- Encher o recipiente com a amostra de forma a evitar a compactação do material, para tanto deve-se soltar a amostra de uma altura de 10 a 15 cm;
- Pesar o conjunto recipiente mais amostra ( $Mra$ );
- Repetir o procedimento para outra amostra do mesmo material.

### 4. Resultados:

A massa unitária do agregado miúdo é calculada através da expressão:

$$\gamma = \frac{Mra - Mr}{V_r} \quad , \text{ onde:}$$

$\gamma$  = massa unitária do agregado miúdo, expressa em g/cm<sup>3</sup> ou kg/dm<sup>3</sup>

$Mra$  = Massa do recipiente mais amostra

$Mr$  = Massa do recipiente

$V_r$  = Volume do recipiente

#### OBS:

- Duas determinações consecutivas, feitas com amostras do mesmo agregado, não devem diferir entre si de mais de 0,05 g/cm<sup>3</sup>, ou seja:

$$|\gamma_1 - \gamma_2| \leq 0,05 \text{ g/cm}^3$$

- Os resultados devem ser expressos com duas casas decimais

### 5) Discussão e Conclusão

Para você escrever a discussão e conclusão pense nas seguintes perguntas:

- Qual a importância de se determinar a massa unitária dos materiais?
- Os resultados encontrados estão de acordo com os encontrados na bibliografia?
- Por que a massa unitária do agregado miúdo é maior que a do agregado graúdo?
- O agregado se enquadra como leve, normal ou pesado?
- Discutir possíveis erros.

**Tabela 1.2 – Resultados do ensaio de massa unitária**

Amostra 1			Amostra 2		
Mr (g)	Mr+a (g)	$V_{\text{recipiente}}$ (cm <sup>3</sup> )	Mr (g)	Mr+a (g)	$V_{\text{recipiente}}$ (cm <sup>3</sup> )
$\gamma_1$ (g/cm <sup>3</sup> )			$\gamma_2$ (g/cm <sup>3</sup> )		
$ \gamma_1 - \gamma_2 $					
$\gamma_{\text{médio}}$ (g/cm <sup>3</sup> )					

Mr = massa do recipiente; Mr+a = massa do recipiente + amostra seca

### 1.3 - Ensaio: Agregados em estado solto - *Determinação da massa unitária compactada*

#### 1. Normas Pertinentes:

NBR/NM 45:2006 - Agregados - *Determinação da massa unitária* e volume de vazios

NBR - 7211:2005 - Agregados para concreto - Especificações.

NBR/NM 26:2001: - Agregados - Amostragem: Procedimento.

#### 2. Equipamentos Utilizados:

- Balança com sensibilidade de 0,1 g;
- Espátula;
- Pá;
- Estufa;
- Recipiente paralelepédico com volume de 15 litros para medição do volume.

#### 3. Procedimento:

- Secar a amostra em estufa a 110°C, até constância de peso;
- Determinar o volume do recipiente a ser utilizado ( $V_r$ );
- Separar a amostra a ser utilizada, com volume no mínimo duas vezes o correspondente à capacidade do recipiente a ser usado;
- Pesar o recipiente utilizado para medir a sua massa ( $Mr$ );
- Colocar amostra no recipiente de forma a ocupar 1/3 do volume do recipiente, nivelar com a mão e em seguida aplicar 25 golpes com haste de adensamento em toda a amostra.
- Repetir o procedimento anterior para o 2/3 e 3/3 do volume do recipiente;
- Pesar o conjunto recipiente mais amostra ( $Mra$ );
- Repetir o procedimento para outra amostra do mesmo material.

#### 4. Resultados:

A massa unitária compactada do agregado miúdo ou graúdo é calculada através da expressão:

$$\gamma_{compactada} = \frac{Mra - Mr}{V_r}, \text{ onde:}$$

$\gamma$  = massa unitária do agregado miúdo, expressa em  $g/cm^3$  ou  $kg/dm^3$

$Mra$  = Massa do recipiente mais amostra

$Mr$  = Massa do recipiente

$V_r$  = Volume do recipiente

#### OBS:

- Duas determinações consecutivas, feitas com amostras do mesmo agregado, não devem diferir entre si de mais de  $0,05 g/cm^3$ , ou seja:

$$|\gamma_{compactada1} - \gamma_{compactada2}| \leq 0,05 g/cm^3$$

- Os resultados devem ser expressos com duas casas decimais

#### 5) Discussão e Conclusão

Para você escrever a discussão e conclusão pense nas seguintes perguntas:

- Qual a importância de se determinar a massa unitária compactada dos agregados?
- Os resultados encontrados estão de acordo com os encontrados na bibliografia?
- Por que a massa unitária compactada do agregado miúdo é maior que a do agregado graúdo?
- Comente uma possível redução do índice de vazios de uma mistura de agregados e a relação com a massa unitária compactada ?
- Discutir possíveis erros.

**Tabela 1.3 – Resultados do ensaio de massa unitária compactada**

Amostra 1			Amostra 2		
Mr (g)	Mr+a (g)	$V_{recipiente}$ (cm3)	Mr (g)	Mr+a (g)	$V_{recipiente}$ (cm3)
$\gamma_{compactada1}$ (g/cm3)			$\gamma_{compactada2}$ (g/cm3)		
$ \gamma_{compactada1} - \gamma_{compactada2} $					
$\gamma_{compactada-média}$ (g/cm3)					

**1.4 - Ensaio: Determinação da umidade superficial dos agregados por secagem em estufa e queima com álcool**

1. Normas Pertinentes:

NBR 9939/2011: Determinação da umidade total – Método de ensaio.

NBR/NM 26:2001: Agregados – Amostragem: Procedimento.

2. Equipamentos Utilizados:

- Balança com sensibilidade de 0,1 g;
- Espátula;
- Garra metálica;
- Pá;
- Cápsula de porcelana
- Cápsulas de alumínio.

3. Procedimentos de ensaios

3.1 – Umidade pelo método da queima com álcool:

- Pesar uma amostra de areia úmida (aprox. 50 g);
- Colocar a amostra em uma cápsula de porcelana e colocar álcool até saturar a amostra;
- Tocar fogo e mexer até a extinção do fogo;
- Repetir o procedimento até a secar completamente a amostra;
- Determinar a massa da amostra seca.

4) Resultados:

A umidade superficial do agregado miúdo (h) é dada pela expressão:

$$w = \frac{M_h - M_s}{M_s} \times 100$$

onde: w = teor de umidade

M<sub>h</sub> = massa da amostra úmida

M<sub>s</sub> = massa da amostra seca

- Realizar duas determinações para o mesmo agregado, colhidos ao mesmo tempo.

- Os resultados não devem diferir entre si de mais do que 0,5 %

3.2 – Umidade pelo método da secagem em estufa:

- Determinar a tara das cápsulas de alumínio;
- Pesar uma amostra de areia úmida (aprox. 50 g);
- Colocar a cápsula na estufa, a temperatura de 105 – 100 °C, durante 24 horas;
- Após 24 horas, retirar a amostra da estufa e pesar;

4) Resultados:

A umidade superficial do agregado miúdo (h) é dada pela expressão:

$$w = \frac{M_h - M_s}{M_s} \times 100$$

onde: w = teor de umidade

M<sub>h</sub> = massa da amostra úmida

M<sub>s</sub> = massa da amostra seca

- Realizar duas determinações para o mesmo agregado, colhidos ao mesmo tempo.

- Os resultados não devem diferir entre si de mais do que 0,5 %

5) Discussão e Conclusão

Para você escrever a conclusão pense nas seguintes perguntas:

- Houve diferenças entre os valores encontrados?
- Qual o método mais preciso e por quê?
- Qual a importância de se determinar a umidade dos agregados?

**Tabela 1.4a – Resultados do ensaio de umidade (alcool)**

Mr	Mr+a_w	Mr+a_s	Mr	Mr+a_w	Mr+a_s
W1			W1		
diferença entre umidades (%)					
umidade média (%)					

**Tabela 1.4b – Resultados do ensaio de umidade (estufa)**

Mr	Mr+a_w	Mr+a_s	Mr	Mr+a_w	Mr+a_s
W1			W1		
diferença entre umidades (%)					
umidade média (%)					

**1.5 - Ensaio: Determinação da umidade superficial do agregado miúdo pelo método do frasco de Chapman**

1. Normas Pertinentes:

NBR/NM 26:2001 - Agregados – Amostragem: Procedimento.

NBR/NM 53/2011 - Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água

2. Equipamentos Utilizados:

- Balança com capacidade mínima de 10 kg e resolução de 1kg;
- Espátula;
- Estufa;
- Conjunto para pesagem hidrostática, composto por cestode arame e tanque para imersão
- Pá;
- Bandejas metálicas
- Cápsula de porcelana.

3. Procedimentos de ensaios

- Coletar a amostra do agregado úmido;
- Pesar 500 g de agregado miúdo úmido;
- Colocar água no frasco Chapman, até a marca de 200 cm<sup>3</sup>;
- Introduzir cuidadosamente as 500 g de agregado no frasco, com auxílio de um funil;

- Agitar o frasco, cuidadosamente, com movimentos circulares, para a eliminação das bolhas de ar (as paredes do frasco não devem ter grãos aderidos);

4) Resultados:

A umidade superficial do agregado miúdo (w) pelo frasco de Chapman é dada pela expressão:

$$w = \left\{ \frac{[(L - 200) * \mu] - 500}{\mu(700 - L)} \right\} * 100$$

onde:

w = teor de umidade

μ = massa específica do agregado miúdo

L = leitura final no frasco de Chapman

Os resultados não devem diferir entre si de mais do que 0,5 %

5) Discussão e Conclusão

Para você escrever a conclusão pense nas seguintes perguntas:

- Houve diferenças entre os valores encontrados nos diferentes métodos utilizados?
- Qual o método mais preciso e por quê?
- Qual a importância de se determinar a umidade dos agregados?

**Tabela 1.5 – Resultados do ensaio de umidade frasco de Chapman**

Amostra 1		Amostra 2	
Ms (g)	L (cm3)	Ms (g)	L (cm3)
500		500	
W (%)		W (%)	
w <sub>1</sub> - w <sub>2</sub>			
μ <sub>médio</sub> (g/cm3)			

Mr = massa do recipiente; Mr+a\_w = massa do recipiente + amostra úmida; Mr+a\_s = massa do recipiente + amostra seca

**1.6 - Ensaio: Agregados - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água do agregado graúdo**

1. Normas Pertinentes:

NBR/NM 45:2006 - Agregados - *Determinação da massa unitária* e volume de vazios

NBR – 7211:2005 - Agregados para concreto – Especificações.

NBR/NM 26:2001: - Agregados – Amostragem: Procedimento.

2. Equipamentos Utilizados:

- Balança com sensibilidade de 0,1 g;
- Espátula;
- Pá;
- Estufa;
- Recipiente paralelepédico com volume de 15 litros para medição do volume.

3. Procedimento:

- Coletar a amostra;
- Lavar a amostra e secar em estufa a 105±5°C por 24 H ou até constância de massa;
- Imergir a amostra em água a temperatura ambiente por no mínimo 24 horas;
- Secar superficialmente a amostra com pano úmido e determinar a massa  $M_s$  (Massa saturada superfície seca)
- Colocar a amostra em um recipiente para a determinação da massa saturada superfície seca submersa ( $M_a$ )
- Secar novamente a amostra em estufa a 105±5°C por 24 H ou até constância de massa e pesar determinando a massa seca ( $M$ )

4. Resultados:

Massa Específica do agregado seco

$$\mu = \frac{M}{M_s - M_a}$$

Massa Específica do agregado saturado superfície seca

$$\mu_{SSS} = \frac{M_s}{M_s - M_a}$$

Massa Específica aparente

$$\mu_{ap} = \frac{M}{M - M_a}$$

Absorção de água

$$ABS = \left( \frac{M_s - M}{M} \right) * 100$$

OBS:

- A diferença ( $m_s - m_a$ ) é numericamente igual ao volume do agregado, excluindo-se os vazios permeáveis
- A diferença  $M - M_a$  é numericamente igual ao volume do agregado, incluindo os vazios permeáveis
- Duas determinações consecutivas, feitas com amostras do mesmo agregado, não devem diferir entre si de mais de 0,02 g/cm<sup>3</sup>, ou seja:
- Os resultados devem ser expressos com duas casas decimais

5) Discussão e Conclusão

Para você escrever a discussão e conclusão pense nas seguintes perguntas:

- Qual a importância de se determinar a massa específica, unitária e absorção dos agregados?
- Os resultados encontrados estão de acordo com os encontrados na bibliografia?
- O agregado se enquadra como leve, normal ou pesado?
- Discutir possíveis erros.

**Tabela 1.6 – Resultados do ensaio**

		1ºdeterminação	2ºdeterminação	Média
Massa da amostra seca	<b>M</b>			
Massa da amostra saturada superfície seca	<b>Ms</b>			
Massa da saturada superfície seca - Submersa	<b>Ma</b>			
Massa Específica do agregado seco	<b>μ</b>			
Massa Específica do agregado saturada superfície seca	<b>μ<sub>SSS</sub></b>			
Absorção de água	<b>ABS</b>			

### 1.7. Ensaio: *Determinação da composição granulométrica segundo a ABNT NBR NM 248:2003 – Agregados - Determinação da composição granulométrica.*

#### 1. Normas Pertinentes:

NBR – 5734: Peneiras para ensaio - Especificação.

NBR – 7211: Agregados para concreto - Especificação.

NBR – 7216: Amostragem de agregados – Procedimento.

NBR – 7219: Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos.

NBR – 9941: Redução da amostra de campo de agregados para ensaio de laboratório – Procedimento.

#### 2. Equipamentos Utilizados:

- Estufa;
- Balança com sensibilidade de 0,1 g;
- Jogo de peneiras, com tampa e fundo;
- Agitador de peneiras (facultativo)
- Escova com cerdas de nylon;
- Cápsulas de alumínio pequenas, para pesagem do material;

Peneiras Série Normal e Intermediária

Série Normal	Série Intermediária
76 mm	
	63 mm
	50 mm
37,5 mm	
	31,5 mm
	25 mm
19 mm	
	12,5 mm

9,5 mm	
	6,3 mm
4,75 mm	
2,36 mm	
1,18 mm	
0,6 mm (600 $\mu\text{m}$ )	
0,3 mm (300 $\mu\text{m}$ )	
0,15 mm (150 $\mu\text{m}$ )	

*Obs: O procedimento de ensaio descrito nesta norma é relativo à composição granulométrica do agregado miúdo e graúdo.*

#### 3. Procedimento:

- Amostra mínima para ensaio:

D <sub>máx</sub> (mm)	Massa Mínima (kg)
< 4,8	0,50
Entre 4,8 e 6,3	3
Entre 9,5 e 25	5
Entre 32 e 38	10

- Secar a amostra em estufa a 110°C, até constância de peso;
- Encaixar a série de peneiras, previamente limpas, com abertura de malha em ordem crescente, da base para o topo, juntamente com o fundo;
- Colocar a amostra sobre a peneira superior do conjunto, tampar e agitar, até a completa classificação do material. Esta agitação deve ser feita por um tempo razoável, que permita a separação e classificação da amostra;

- Destacar e agitar manualmente a peneira superior do conjunto (com tampa e fundo falso encaixados) até que, após um minuto de agitação contínuo, a massa de material passante pela peneira seja inferior a 1% da massa do material retido. A agitação da peneira deve ser feita em movimentos laterais e circulares alternados, tanto no plano horizontal quanto inclinado.

NOTA: Quando do peneiramento de agregados graúdos, se necessário, experimentar manualmente a passagem de cada um dos grãos pela tela, sem contudo fazer pressão sobre esta.

- Retirar as peneiras e remover o material retido para uma cápsula, determinando sua massa. Ter o cuidado de remover todo o material aderido à tela, utilizando escova de nylon;
- Repetir o procedimento, para outra amostra do mesmo material.

Nota: Se não for possível utilizar a agitação mecânica do conjunto, classificar manualmente toda a amostra em uma peneira (maior malha), para depois passar a peneira seguinte; Agitar cada peneira com a amostra, ou porção desta, por tempo não inferior a 2 minutos;

#### 4. Resultados:

Para cada uma das amostras de ensaio, calcular a porcentagem retida, em massa, em cada peneira, com aproximação de 0,1%.

As duas amostras devem apresentar, necessariamente, o mesmo diâmetro máximo e, nas demais peneiras, os valores percentuais retidos individualmente não devem diferenciar mais que quatro unidades percentuais (4%) entre si. Caso

isso ocorra, repetir o peneiramento para outras amostras de ensaio até atender a esta exigência.

Calcular as porcentagens médias retidas e acumuladas, em cada peneira, com aproximação de 1%.

Calcular o módulo de finura, o qual é determinado através da soma das porcentagens retidas acumuladas, em massa, nas peneiras da série normal (excetuam-se as peneiras intermediárias) dividida por 100, expressar o resultado com aproximação de 0,01.

Determinar o diâmetro máximo, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5%, em massa.

Traçar o gráfico da curva granulométrica, em papel semi-logarítmico, incluindo as peneiras intermediárias, se houver.

#### Observação:

Ao fim do ensaio, determinar a massa total de material retido em cada uma das peneiras e no fundo do conjunto. O somatório de todas as massas não deve diferir mais que 0,3% da massa inicialmente introduzida no conjunto de peneiras;

#### 5. Discussão e Análise dos Resultados

Para você escrever a conclusão pense nas seguintes perguntas:

- O agregado miúdo estudado se enquadra em areia fina, média ou grossa?
- De acordo com as curvas granulométricas da ABNT, o agregado se enquadra nas faixas recomendadas para o concreto?

- Qual a importância de se ter um agregado bem graduado (granulometria contínua)?

**Preencher as tabelas e traçar o gráfico.**

Tabela 2. Exemplo de ficha de análise.

Cliente: Construtora ABC	
Obra: Edifício residencial XX	Material: <span style="float: right;">Data: / /</span>
Executor: Técnico	Engº Responsável:

Peneiras (mm)	1ª Determinação			Peneiras (mm)	2ª Determinação		
	Massa Retida (g)	Porcentagem Retida Individual	% Retida Acumulada		Massa Retida (g)	Porcentagem Retida Individual	% Retida Acumulada
4,8				4,8			
2,4				2,4			
1,2				1,2			
0,6				0,6			
0,3				0,3			
0,15				0,15			
Fundo				Fundo			
Total				Total			
Dif. Amost.			o	Dif. Amost.			
Módulo de Finura		$D_{máx.}$		Módulo de Finura		$D_{máx.}$	

Nota:	1. A diferença do somatório do material retido total não deve diferir mais do que 3% da massa total da amostra
	2. As porcentagens retidas individualmente não devem diferir mais do que 4% para amostras de mesma origem.
	3. Os módulos de finura não devem variar mais do que 0,2 para o material de mesma origem.
	4. Determinar o módulo de finura com aproximação de 0,01.

Peneiras (mm)	1ª Determinação		
	Massa Retida (g)	Porcentagem Retida Individual	% Retida Acumulada
<b>38</b>			
32			
25			
<b>19</b>			
12,5			
<b>9,5</b>			
6,3			
<b>4,8</b>			
<b>2,4</b>			
1,2			
0,6			
0,3			
0,15			
Fundo			

Peneiras (mm)	2ª Determinação		
	Massa Retida (g)	Porcentagem Retida Individual	% Retida Acumulada
<b>38</b>			
32			
25			
<b>19</b>			
12,5			
<b>9,5</b>			
6,3			
<b>4,8</b>			
<b>2,4</b>			
1,2			
0,6			
0,3			
0,15			
Fundo			

### 1.9 - Ensaio: Determinação do Inchamento de Agregado Miúdo

#### 1. Normas Pertinentes:

NBR 6467 – Determinação do Inchamento de Agregado Miúdo

NBR 7251 – Determinação da Massa Unitária – Método de Ensaio

#### 2. Equipamentos Utilizados:

- Encerado de lona nas dimensões 2,0 m x 2,5 m
- Balança sensibilidade de 100 g com capacidade de 50 kg
- Recipiente metálico de volume conhecido
- Régua metálica
- Estufa
- Concha ou pá
- 10 cápsulas com tampa com capacidade de 50 ml
- Proveta graduada

#### 3. Procedimento do Ensaio

- Secar a amostra de ensaio em estufa (105 – 110°C) até constância de massa e resfriá-la até temperatura ambiente
- Colocar a amostra sobre o encerado de lona, homogeneizar e determinar a massa unitária, segundo a NBR 7251.
- Adicionar água sucessivamente de modo a obter teores de umidade próximos aos seguintes valores: 0,5 %, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 7%, 9% e 12%.

Homogeneizar cuidadosamente a amostra a cada adição de água. Coletar uma amostra de agregado a cada adição de água, para determinação do teor de umidade. Executar, simultaneamente, a determinação da massa unitária.

- Determinar a massa de cada cápsula com a amostra coletada ( $M_i$ ), secar em estufa e determinar sua massa ( $M_f$ ).

#### 4. Resultados

- Calcular o teor de umidade das amostras coletadas nas cápsulas, pela expressão:

$$w = \frac{M_i - M_f}{M_f - M_c} \times 100$$

Onde:

$w$  = teor de umidade do agregado, em %;

$M_i$  = massa da cápsula com o material coletado durante o ensaio, em g;

$M_f$  = massa final da cápsula com o material coletado após secagem em estufa, em g;

$M_c$  = massa da cápsula, em g.

- Para cada teor de umidade, calcular o coeficiente de inchamento de acordo com a expressão:

$$\frac{V_w}{V_0} = \gamma_s \frac{(100+w)}{100}$$

Onde:  $V_s$   $\gamma_w$  100

$V_w$  = volume do agregado com w% de umidade, em  $\text{dm}^3$

$V_0$  = volume do agregado seco em estufa, em  $\text{dm}^3$

$V_w/V_0$  = coeficiente de Inchamento;

$\gamma_s$  = massa unitária do agregado seco em estufa, em  $\text{kg}/\text{dm}^3$

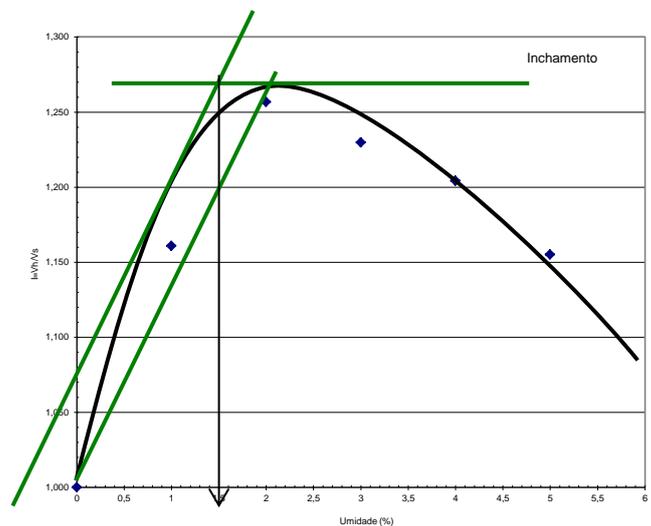
$\gamma_w$  = massa unitária do agregado com h% de umidade, em  $\text{kg}/\text{dm}^3$

w = teor de umidade do agregado, em %.

- Assinalar os pares de valores (w,  $V_w/V_0$ ) em gráfico, conforme modelo em anexo, e traçar a curva de inchamento de modo a obter uma representação aproximada do fenômeno.
- Determinar a umidade crítica na curva de inchamento, pela seguinte construção gráfica:
  - a) traçar a reta tangente à curva paralela ao eixo das umidades;
  - b) traçar a corda que une a origem ao ponto de tangência da reta traçada;

- c) traçar nova tangente à curva, paralela a esta corda;
- d) a abscissa correspondente ao ponto de interseção das duas tangentes é a umidade crítica.

- O coeficiente de inchamento é determinado pela média aritmética entre os coeficientes de inchamento máximo (ponto A) e aquele correspondente à umidade crítica (ponto B).



## 5. Discussão e Conclusão

Para você escrever a conclusão pense nas seguintes perguntas:

- Qual a importância da determinação do inchamento das areias?
- Os valores encontrados estão próximos aos valores sugeridos pela bibliografia ou pelos práticos da construção?
- Qual agregado tem maior inchamento as areias finas, médias ou grossas

- Discutir possíveis erros?

	<b>Mr + a (g)</b>	<b>M.U. (kg/dm<sup>3</sup>)</b>	<b>CÁPSULA</b>	<b>COD.</b>	<b>mc (g)</b>	<b>mc + ag_w (g)</b>	<b>mc + ag_s (g)</b>	<b>w (%)</b>	<b>I = Vw/Vs</b>
w=0%									
w=0,5%									
w=1%									
w=2%									
w=3%									
w=4%									
w=5%									
w=7%									
w=9%									
w=12%									

Mr+a = massa do recipiente + amostra

MU = massa unitária

mc = massa da cápsula

mc + ag\_w = massa da cápsula + agregado úmido

mc + ag\_s = massa da cápsula + agregado úmido

w = umidade

I = inchamento

## 1.9 - Ensaio: Determinação de materiais Pulverulentos

### 1. Normas Pertinentes:

NBR/NM 46:2003 - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem

NBR – 7211:2005 - Agregados para concreto – Especificações.

NBR/NM 26:2001: - Agregados – Amostragem: Procedimento.

### 1. Equipamentos Utilizados:

- Balança com sensibilidade de 0,1% da massa da amostra
- Espátula;
- Pá;
- Estufa;
- Peneiras com abertura de malha de 1.18 mm e 0.75 µm

### 2. Procedimento:

#### Amostra mínima

Dimensão máxima do agregado (mm)	Massa mínima da amostra (g)
2,36	100
4,75	500
9,5	1000
19	2500

- Secar a amostra em estufa a 110°C, até constância de peso;
- Determinar a massa inicial ( $M_i$ );

- Colocar a amostra inicial seca em um recipiente com água;
- Agitar a mistura e verter a água para outro recipiente através das peneiras, devolver o material retido nas peneiras para o recipiente de lavagem;
- Repetir a operação até que a água de lavagem se torne limpa, quando isso ocorrer colete todo o material retido nas peneiras e no recipiente colocado-o para secar em estufa a 110°C, até constância de peso
- Determinar a massa do material seco após a lavagem ( $M_f$ )

### 4. Resultados:

O teor de materiais pulverulento é calculado através da expressão:

$$\% \text{Mat. Pulverulento} = \left( \frac{M_i - M_f}{M_f} \right) * 100$$

### 5) Discussão e Conclusão

Para você escrever a discussão e conclusão pense nas seguintes perguntas:

- Qual a importância de se determinar o teor de material pulverulento?
- Compare os resultados com os de referência da Norma 7211?
- O valor encontrado é adequado a que tipo de concreto segundo a norma 7211?
- Discutir possíveis erros.