



Granulometria

Marcio
Varela



Granulometria

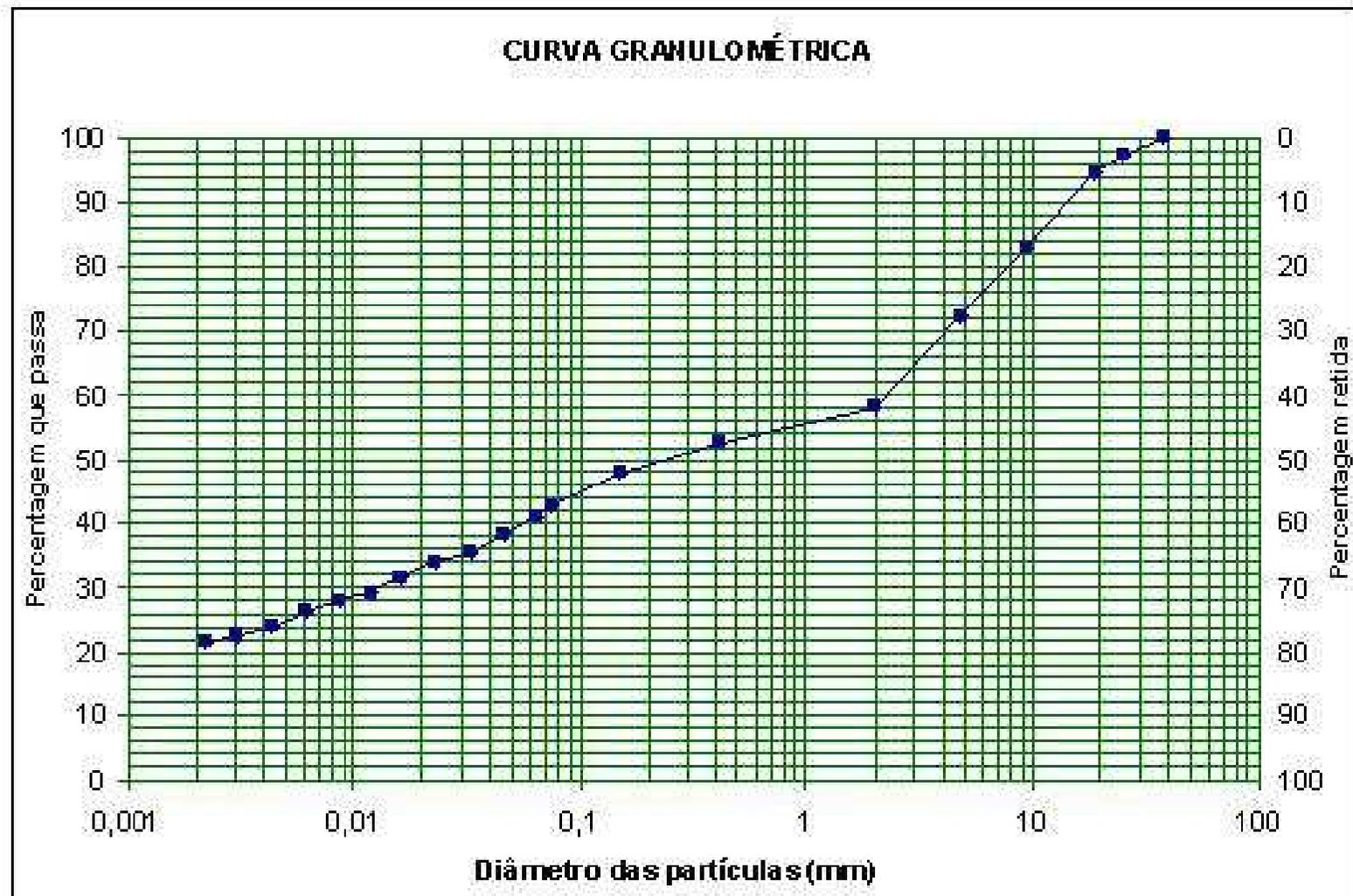
- **Definição:**

- É a distribuição, em porcentagem, dos diversos tamanhos de grãos. É a determinação das dimensões das partículas do agregado e de suas respectivas porcentagens de ocorrência.
- **Motivo:** A composição granulométrica tem grande influência nas propriedades das argamassas e concretos.
- **Determinação:** É determinada através de peneiramento, através de peneiras com determinada abertura constituindo uma série padrão.

- **Objetivo:**

- Conhecer a distribuição granulométrica do agregado e representá-la através de uma curva. Possibilitando assim a determinação de suas características físicas.

Curva granulométrica



Peneiras

- Série Normal / Série Intermediária

NÚMERO	ABERTURA (mm)	NÚMERO	ABERTURA (mm)
	76,20	18	1,00
	50,80	20	0,84
1.1/2"	38,10	25	0,71
	25,40	30	0,59
3/4"	19,00	35	0,50
1/2"	12,70	40	0,42
3/8"	9,50	45	0,35
4 OU 3/16"	4,76	50	0,297
5	4,00	60	0,250
6	3,36	70	0,210
7	2,83	80	0,177
8	2,38	100	0,149
10	2,00	120	0,125
12	1,68	140	0,105
14	1,41	200	0,074
16	1,19	270	0,037

Peneiras

Série normal

76 mm

-

-

38 mm

-

-

19 mm

-

9,5 mm

-

4,8 mm

2,4 mm

1,2 mm

0,600 mm

0,300 mm

0,150 mm

Série intermediária

-

64 mm

50 mm

-

32 mm

25 mm

-

12,5 mm

-

6,3 mm

-

-

-

-

-

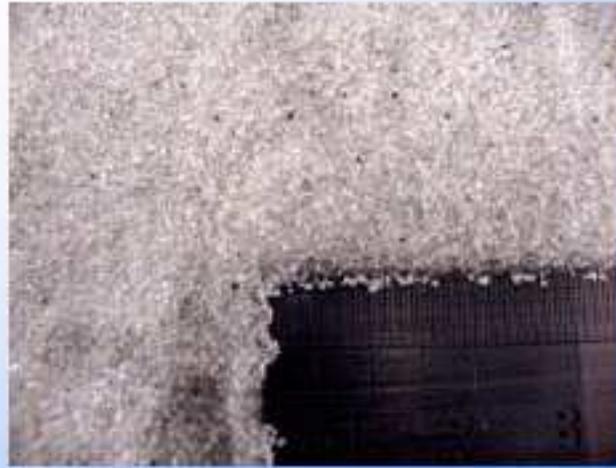
-

- 
- Limites das frações de solo pelo tamanho dos grãos segundo a ABNT (PINTO, 2000)

- **Fração Limites**

- Matacão de 25 cm a 1 m
 - Pedra de 7,6 cm a 25 cm
 - Brita de 4,8 mm a 7,6 cm
 - Areia grossa de 1,2 mm a 4,8 mm
 - Areia média de 0,3 mm a 1,20 mm
 - Areia fina de 0,05 mm a 0,3 mm
 - Silte de 0,005 mm a 0,05 mm
 - Argila inferior a 0,005 mm

- 
- **Granulométrica :**
 - Os agregados são classificados em graúdos e miúdos.
 - Os agregados Graudos ficam retidos na peneira 4,8 mm;
 - Os agregados Miúdos passam pela peneira 4,8 mm.





- **Definições Importantes**

- **Porcentagem que Passa** → É o peso de material que passa em cada peneira, referido ao peso seco da amostra;
- **Porcentagem Retida** → É a percentagem retida numa determinada peneira. Obtemos este percentual, quando conhecendo-se o peso seco da amostra, pesamos o material retido, dividimos este pelo peso seco total e multiplicamos por 100;

- 
- **Porcentagem Acumulada** → É a soma dos percentuais retidos nas peneiras superiores, com o percentual retido na peneira em estudo;
 - **Módulo de Finura** → É a soma dos percentuais acumulados em todas as **peneiras da série normal**, dividida por 100. Quanto maior o módulo de finura, mais grosso será o solo;
 - **Diâmetro Máximo** → Corresponde ao número da **peneira da série normal** na qual a porcentagem acumulada é inferior ou igual a 5%, desde que essa porcentagem seja superior a 5% na peneira imediatamente abaixo;

- 
- **Diâmetro Efetivo** → abertura da peneira para a qual temos 10% em peso total de todas as partículas menores que ele. “% Passante”. (10% das partículas são mais finas que o diâmetro efetivo); Esse parâmetro fornece uma indicação sobre a permeabilidade das areias.

- $d_{ef} = d_{10}$

- **Coefficiente de Não Uniformidade** → Ainda segundo Allen-Hazen, é a razão entre os diâmetros correspondentes a 60% e 10%, tomados na curva granulométrica. Esta relação indica, a falta de uniformidade, pois seu valor **diminui** ao ser mais uniforme o material.

$$Cnu = \frac{d_{60}}{d_{ef}}$$

- 
- $C_{nu} < 5$ muito uniforme
 - $5 < C_{nu} < 15$ uniformidade média
 - $C_{nu} > 15$ não uniforme

 - **Coeficiente de Curvatura** → fornece a ideia do formato da curva permitindo detectar descontinuidades no conjunto.

 - $1 < CC < 3$ solo bem graduado
 - $CC < 1$ ou $CC > 3$ solo mal graduado

$$C_c = \frac{(d_{30})^2}{d_{60} \times d_{10}}$$



Solo bem graduado

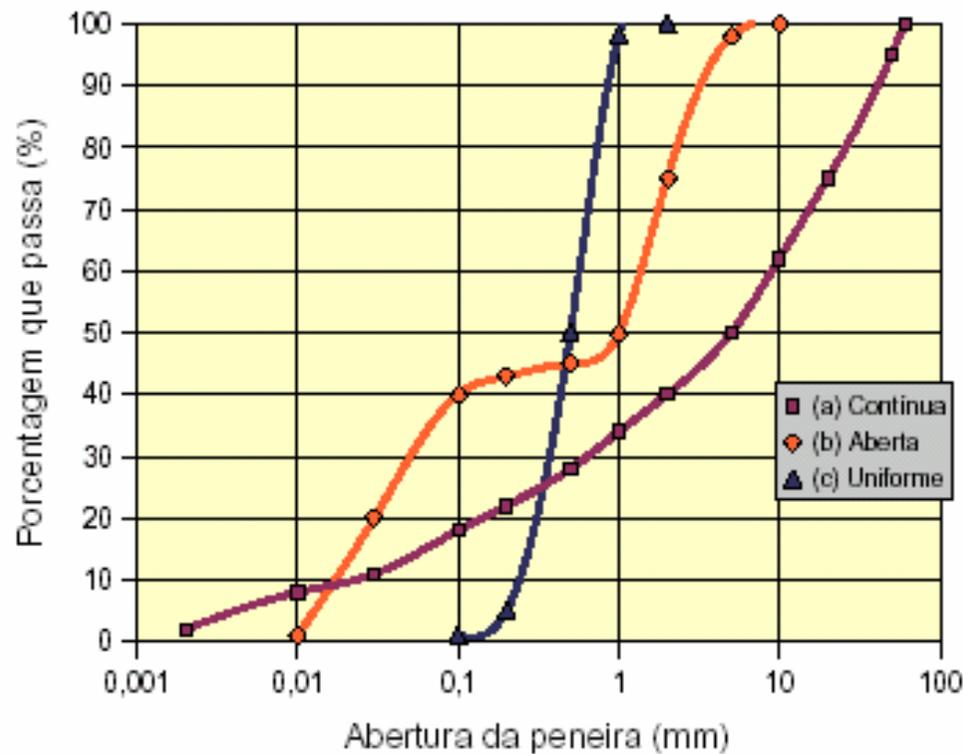


Solo de graduação uniforme



Solo de graduação aberta

- Quanto maior for o valor de **Cnu** mais bem graduado é o solo. Solos que apresentam **Cnu = 1** possuem uma curva granulométrica em pé (solo mal graduado – curva granulométrica **c – Figura**). **Solos bem graduados apresentarão CC entre 1 e 3**. Se o valor de CC for menor que 1, a curva será descontínua com ausência de grãos (curva granulométrica **b – Figura**). **Difícilmente ocorrem areias com valores de CC fora do intervalo de 1 a 3**. Daí, a pouca importância que se dá a esse coeficiente.



Solo bem graduado (a)
(granulação contínua)



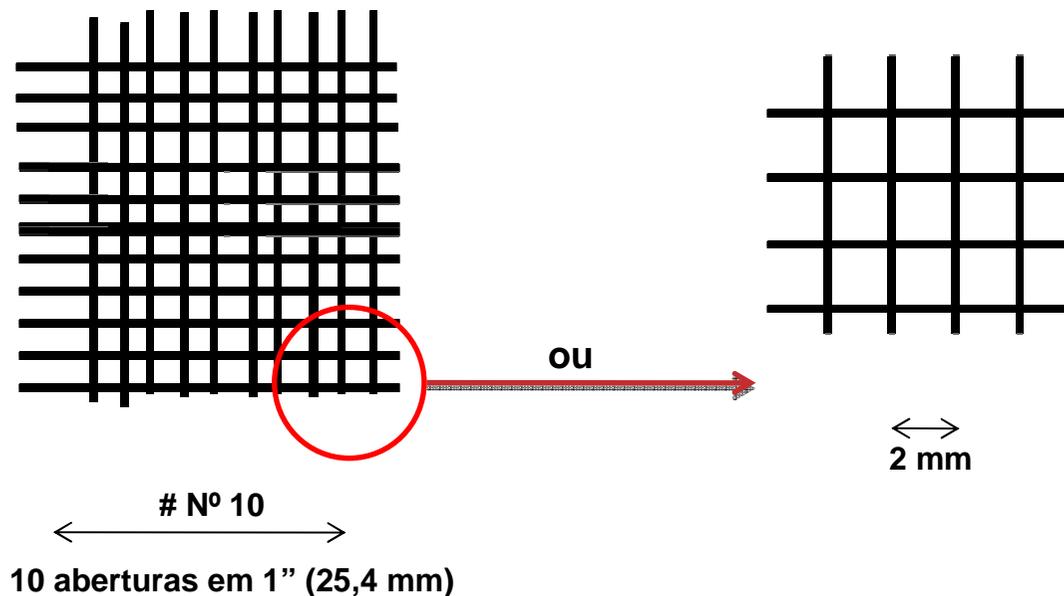
Granulação uniforme (c)
(mal graduado)



Granulação aberta (b)
(mal graduado)

Representação das peneiras

- A indicação da peneira refere-se à abertura da malha ou ao número de malhas quadradas, por polegada linear.

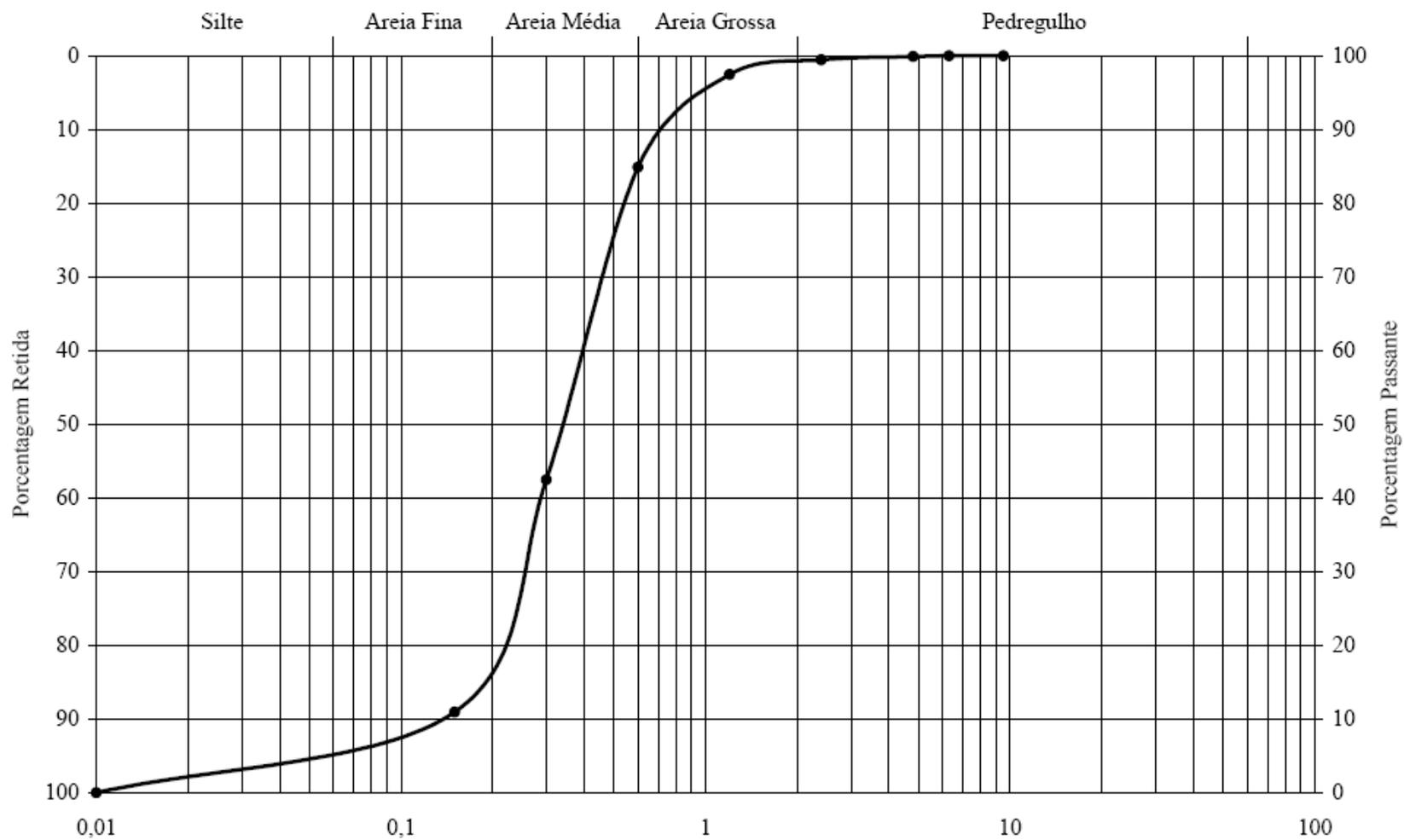


Exemplo

- **Exemplo 1:** A planilha abaixo apresenta o resultado do processo de peneiramento de um ensaio de granulometria de uma areia média do rio Verde – Santa Maria.
 - LABORATÓRIO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL
 - *Ensaio Físicos de Agregados Miúdos*
 - **Interessado:** Prontomix **Certificado N°:**
 - **Amostra:** Areia média do Rio Verde **Data:** 03/09/03

COMPOSIÇÃO GRANULOMETRICA - NBR 7217 - AREIA							
PENEIRAS		1ª DETERMINAÇÃO		2ª DETERMINAÇÃO		% Retida Média	% Retida Acumulada
n°	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida		
3/8"	9,5						
1/4"	6,3						
4	4,8	1,30	0,13	0,90	0,08	0,11	0,11
8	2,4	5,00	0,49	4,40	0,41	0,45	0,55
16	1,2	20,50	2,00	21,10	1,95	1,98	2,53
30	0,60	130,30	12,74	134,30	12,44	12,59	15,12
50	0,30	415,90	40,65	477,30	44,19	42,42	57,54
100	0,15	340,90	33,32	321,00	29,72	31,52	89,06
Fundo	0,01	109,20	10,67	121,00	11,20	10,94	100,00
TOTAL		1023,10	100,00	1080,00	100,00	100,00	164,91
Diâmetro Máximo: 1,2				Módulo de Finura: 1,65			

Curva Granulométrica - ABNT - NBR NM248





Procedimento Experimental

- **Objetivo**

- Proceder a realização do ensaio de granulometria através do peneiramento com a finalidade de obter a curva granulométrica de um agregado.

- **Equipamentos**

- Os principais equipamentos e utensílios utilizados no ensaio, são:
- Balança;
- Estufa;
- Jogo de peneiras;
- Agitador de peneiras;



Peneiramento

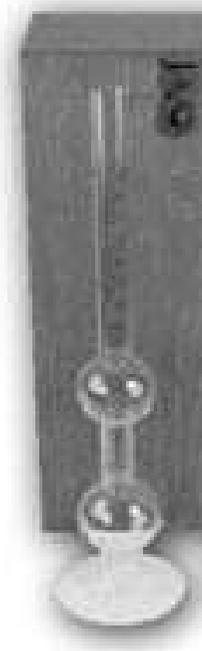


Sedimentação

- 
- **Massa específica
(massa específica real)**

- **Massa específica (ou massa específica real):** é a massa da unidade de volume excluindo-se os vazios entre grãos e os permeáveis, ou seja, a massa de uma unidade de volume dos grãos do agregado.

$$\delta = \frac{M}{V}$$



- 
- **Procedimento para determinação da massa específica:**
 - - Secar a amostra de agregado miúdo (areia) em estufa a 110 °C, até constância de peso e resfriá-la até temperatura ambiente;
 - - Pesar 500 g de agregado miúdo;
 - - Colocar água no frasco Chapman (Figura 1), até a marca de 200 cm³;
 - - Introduzir cuidadosamente os 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 pelo menos mais uma vez, para outra amostra de 500 g.

- **Determinação dos Resultados:**

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

$$\delta = \frac{500}{L - 200}$$

- δ = massa específica do agregado miúdo, expressa em g/cm³ ou kg/dm³.
- 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/cm³, ou seja:

$$|\delta_1 - \delta_2| \leq 0,05 \text{ g / cm}^3$$



- Figura 1 – Frasco de Chapman

- 
- Os resultados devem ser expressos com duas casas decimais.
 - A importância fundamental da determinação da massa específica dos agregados é que esses valores serão utilizados nos cálculos de consumo de materiais que entrarão na composição de concreto e argamassa, como veremos no item sobre traços.

- 
- **Massa unitária
(específica aparente)**

- 
- **Massa unitária (específica aparente):** é o peso da unidade de volume, incluindo-se os vazios contidos nos grãos. É determinada preenchendo-se um recipiente paralelepédico de dimensões bem conhecidas com agregado deixando-o cair de uma altura de 10 a 15 cm. É também chamada de unitária. A areia, no estado solto, apresenta o peso unitário em forma de 1,50kg/dm³.

$$\gamma = \frac{M}{V_{AP}};$$

$$\gamma = \text{Massa Unitária}$$



- **Procedimento para determinação da massa unitária:**

- - Secar a amostra de agregado miúdo em estufa a 110°C, até constância de peso e resfriá-la até temperatura ambiente;
- - 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 o volume (M_r);
- - Encher o recipiente com a amostra de forma a evitar a compactação do material, para deve-se soltar a amostra de uma altura de 10 a 15 cm;
- - Pesar o conjunto recipiente mais amostra (M_{ra});
- - Repetir o procedimento para outra amostra do mesmo material.

- **Determinação dos resultados:**

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

$$\gamma = \frac{M_{RA} - M_R}{V_R}; \text{ onde:}$$

γ = Massa unitária do agregado miúdo em g/cm³ ou kg/dm³;

M_{RA} = Massa do recipiente mais amostra;

M_R = Massa do recipiente;

V_R = Volume do recipiente.

- **Obs1:** - Duas determinações consecutivas, feitas com amostras do mesmo agregado, não devem diferir entre si de mais de 0,05 g/cm³, ou seja:
- **Obs2.:** A determinação da massa unitária é útil para a conversão dos traços de argamassas e concretos de massa (peso) para volume e vice-versa.

- 
- **Determinação do Inchamento de Agregado Miúdo (NBR 6467)**



- **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 uma bandeja de alumínio (1 m x 1 m) ou sobre uma lona impermeável, homogeneizar a amostra 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).

- **Determinação dos resultados**
- - Calcular o teor de umidade das amostras coletadas nas cápsulas, pela expressão:

$$h = \frac{M_i - M_f}{M_f - M_c}; \text{ onde :}$$

h = Teor de umidade;

M_i = Massa da capsula com a amostra umida, g;

M_f = Massa da capsula com a amostra seca, g;

M_c = Massa da capsula, g;

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

$$\frac{V_h}{V_0} = \frac{\gamma_s}{\gamma_h} \times \left(\frac{100 + h}{100} \right); \text{ onde :}$$

V_h = volume do agregado com h% de umidade, em dm^3 ;

V_0 = volume do agregado seco em estufa, em dm^3 ;

V_h/V_0 = coeficiente de Inchamento;

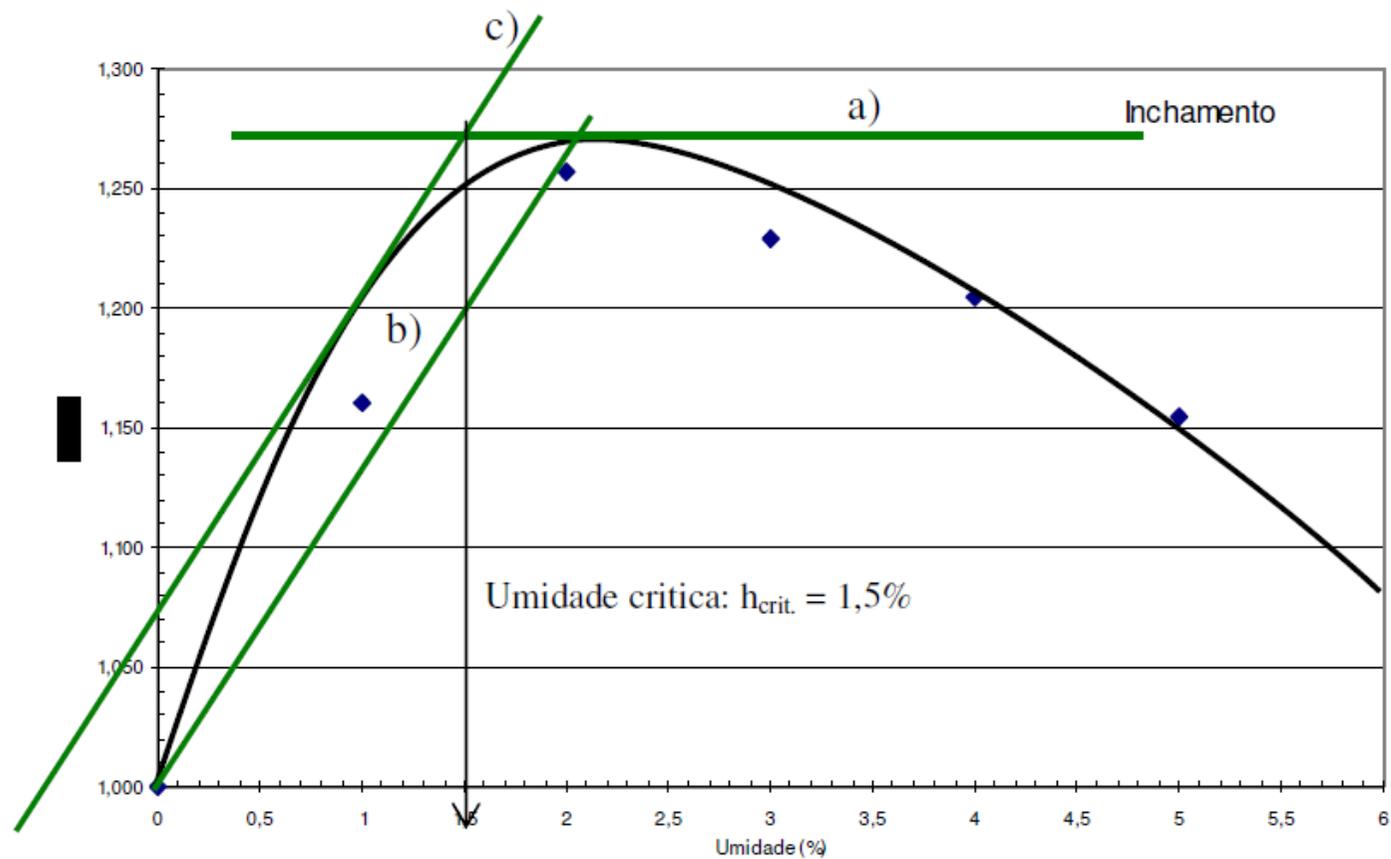
γ_s = massa unitária do agregado seco em estufa, em kg/dm^3 ;

γ_h = massa unitária do agregado com h% de umidade, em kg/dm^3 ;

h = teor de umidade do agregado, em %.

- 
- - Assinalar os pares de valores $(h, V_h/V_0)$ 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).

- **Curva de Inchamento**



- A determinação do inchamento é de suma importância para a medição dos traços de concreto em volume e para a determinação do volume das padiolas de medição de areia.

