



3. PROPRIEDADES FÍSICAS E ENSAIOS COM AGREGADOS GRAÚDOS

Assim como foi comentado no estudo dos agregados miúdos, conhecer as propriedades e características dos agregados graúdos é de grande importância para definir os usos mais adequados que se podem fazer deles. A seguir são apresentadas as principais propriedades físicas e os índices de qualidade dos agregados graúdos, dos quais grande parte também é avaliada por meio de ensaios previstos em normas técnicas, definidas anteriormente.

Granulometria

O procedimento para determinação da granulometria de agregados graúdos é muito semelhante ao processo dos agregados miúdos. As diferenças principais são as aberturas das peneiras utilizadas e o tamanho da amostra peneirada. Relembrando a tabela da norma, apresentada na granulometria de agregados miúdos, a amostra para peneiramento de agregado graúdo varia entre 3 e 30 kg, dependendo do diâmetro máximo do agregado.

A seguir, é apresentado um exemplo de granulometria de agregado graúdo, seguindo o mesmo procedimento já visto no item anterior desta unidade. A planilha apresenta a quantidade de amostra em massa que ficou retida em cada peneira, para as duas determinações (sequências de peneiramento) e a soma total.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3"	76	0		0				
2 1/2"	64	0		0				
2"	50	0		0				
1 1/2"	38	0		0				
1 1/4"	32	0		0				
1"	25	33		25				
3/4"	19	317,8		421,4				
1/2"	12,5	7258,9		7376,1				

3/8"	9,5	2001,9		2262,7			
1/4"	6,3	791		858			
4	4,8	123		119			
8	2,4	0		0			
16	1,2	0		0			
30	0,6	0		0			
50	0,3	0		0			
100	0,15	0		0			
Fundo	<0,15	20,4		29,6			
TOTAL		10546,0		11091,8			

Tabela 13: composição granulométrica
 Fonte: NBR 7217

A seguir, calculamos a porcentagem que o peso do material retido em cada peneira representa em relação ao peso total da amostra. Da mesma forma, o cálculo dessa porcentagem é feito dividindo-se o peso que ficou retido em cada peneira pelo peso total da amostra. O valor resultante é multiplicado por 100 para transformar em porcentagem. Para exemplificar, faremos o cálculo para as quantidades retidas na peneira 25.

No peneiramento da primeira amostra (primeira determinação) temos 33 g de material retidos na peneira 25 mm. Dividindo 33 g pelo peso total da amostra, que é 10546,0 g, temos 0,003 e multiplicando esse valor por 100 temos 0,3%. Ou seja, 33 g representa 0,3% de 10546,0 g. Da mesma forma, no peneiramento da segunda amostra (segunda determinação) temos 25 g de material retidos na peneira 25 mm. Dividindo 25 g pelo peso total da amostra, que é 11091,8 g, temos 0,002 e multiplicando esse valor por 100 temos 0,2%. Ou seja, 25 g representa 0,2% de 11091,8 g.

Fazendo o mesmo cálculo para os pesos retidos nas demais peneiras, nas duas determinações, temos:

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217							
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida		
3"	76	0	0,0%	0	0,0%		
2 1/2"	64	0	0,0%	0	0,0%		
2"	50	0	0,0%	0	0,0%		
1 1/2"	38	0	0,0%	0	0,0%		
1 1/4"	32	0	0,0%	0	0,0%		

1"	25	33	0,3%	25	0,2%			
3/4"	19	317,8	3,0%	421,4	3,8%			
1/2"	12,5	7258,9	68,8%	7376,1	66,5%			
3/8"	9,5	2001,9	19,0%	2262,7	20,4%			
1/4"	6,3	791	7,5%	858	7,7%			
4	4,8	123	1,2%	119	1,1%			
8	2,4	0	0,0%	0	0,0%			
16	1,2	0	0,0%	0	0,0%			
30	0,6	0	0,0%	0	0,0%			
50	0,3	0	0,0%	0	0,0%			
100	0,15	0	0,0%	0	0,0%			
Fundo	<0,15	20,4	0,2%	29,6	0,3%			
TOTAL		10546,0	100%	11091,8	100%			

Após determinar as porcentagens retidas em cada determinação, procede-se ao cálculo da porcentagem média retida em cada peneira. Voltando ao nosso exemplo: na primeira determinação 0,3% da amostra ficou retida na peneira 25 mm e na segunda determinação a porcentagem retida foi de 0,2% na mesma peneira. Neste caso, a porcentagem retida média na peneira 25 é a soma de 0,3% e 0,2% dividida por 2, o que resulta 0,25%. Como na porcentagem retida média a Norma aconselha o cálculo com aproximação de 1%, não se usam casas decimais após a virgula e o valor de 0,25% é arredondado para 0%. Calculando a média das porcentagens de material retidas nas demais peneiras temos:

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217							
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida		
3"	76	0	0,0%	0	0,0%	0%	
2 1/2"	64	0	0,0%	0	0,0%	0%	
2"	50	0	0,0%	0	0,0%	0%	
1 1/2"	38	0	0,0%	0	0,0%	0%	
1 1/4"	32	0	0,0%	0	0,0%	0%	
1"	25	33	0,3%	25	0,2%	0%	
3/4"	19	317,8	3,0%	421,4	3,8%	3%	

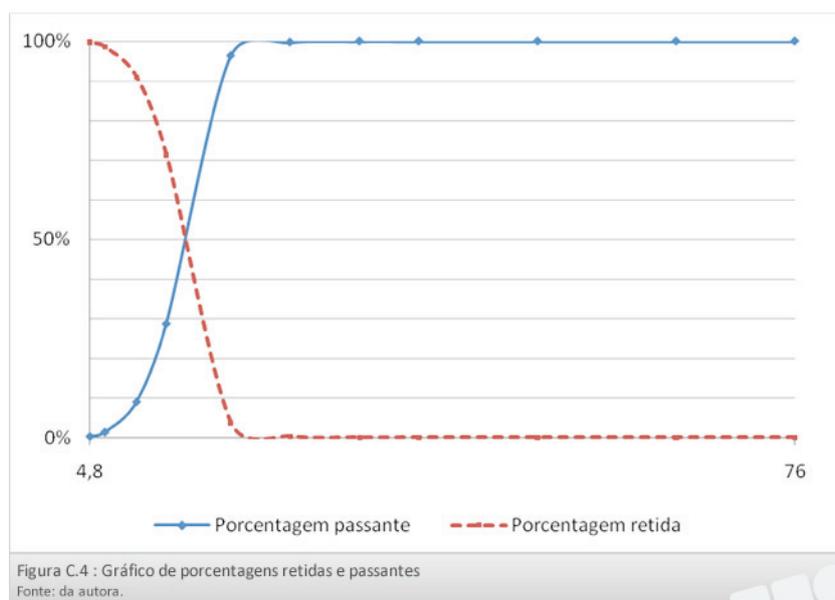
1/2"	12,5	7258,9	68,8%	7376,1	66,5%	68%		
3/8"	9,5	2001,9	19,0%	2262,7	20,4%	20%		
1/4"	6,3	791	7,5%	858	7,7%	8%		
4	4,8	123	1,2%	119	1,1%	1%		
8	2,4	0	0,0%	0	0,0%	0%		
16	1,2	0	0,0%	0	0,0%	0%		
30	0,6	0	0,0%	0	0,0%	0%		
50	0,3	0	0,0%	0	0,0%	0%		
100	0,15	0	0,0%	0	0,0%	0%		
Fundo	<0,15	20,4	0,2%	29,6	0,3%	0%		
TOTAL		10546,0	100%	11091,8	100%	100%		

Para finalizar, se calcula a porcentagem retida acumulada, que é a soma das porcentagens retidas médias que estão acima da peneira que se está analisando. Assim, na peneira 25 mm, temos retido 0% do material, pois nas peneiras que estão acima da 25 mm (a 32 e a 76) não temos material retido. Já na peneira 19 mm teremos o acumulado de 3% e na peneira 12,5 mm teremos acumulado 71% do material, sendo 68% na própria peneira 12,5 mm e 3% nas peneiras acima desta (caso, só há valor significativo de porcentagem retida média na peneira 19mm). Na peneira 9,5 mm temos retido acumulado de 91%, sendo 20% da própria peneira e o restante das peneiras acima (68 % na peneira 12,5mm e 3% na peneira 19 mm). O cálculo da porcentagem retida acumulada é feito até a última peneira que contiver material, sendo que o material retido no Fundo fica de fora desse cálculo.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3"	76	0	0,0%	0	0,0%	0%	0%	
2 1/2"	64	0	0,0%	0	0,0%	0%		0%
2"	50	0	0,0%	0	0,0%	0%		0%
1 1/2"	38	0	0,0%	0	0,0%	0%	0%	
1 1/4"	32	0	0,0%	0	0,0%	0%		0%
1"	25	33	0,3%	25	0,2%	0%		0%
3/4"	19	317,8	3,0%	421,4	3,8%	3%	3%	
1/2"	12,5	7258,9	68,8%	7376,1	66,5%	68%		71%

3/8"	9,5	2001,9	19,0%	2262,7	20,4%	20%	91%	
1/4"	6,3	791	7,5%	858	7,7%	8%		99%
4	4,8	123	1,2%	119	1,1%	1%	100%	
8	2,4	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
16	1,2	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
30	0,6	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
50	0,3	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
100	0,15	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
Fundo	<0,15	20,4	0,2%	29,6	0,3%	0%		
TOTAL		10546,0	100%	11091,8	100%	100%		

Se colocarmos em um gráfico as porcentagens retidas ou passantes acumuladas no eixo vertical e a abertura das peneiras no eixo horizontal temos a curva granulométrica do agregado, cujo formato para o exemplo é apresentada abaixo.



Quanto mais suave for a curva, mais bem graduado é o agregado. O agregado do nosso exemplo possui uma granulometria descontínua, pois a transição da curva dos tamanhos maiores para os menores não ocorre de maneira gradual.

A NBR 7211, que trata dos requisitos mínimos dos agregados miúdos para concreto, também apresenta os limites da distribuição granulométrica que o agregado graúdo deve ter para ser apropriado a esse uso. Dessa forma, podemos comparar a distribuição granulométrica do agregado avaliado com a recomendação da Norma, para avaliar se o mesmo está dentro do padrão.

Peneira com Abertura de Malha	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona Granulométrica - d/D				
	4,75 / 12,5	9,5 / 25	19 / 31,5	25 / 50	37,5 / 75
75 mm					0 - 5
63 mm					5 - 30
50 mm				0 - 5	75 - 100
37,6 mm				5 - 30	90 - 100
31,5 mm			0 - 5	75 - 100	95 - 100
25 mm		0 - 5	5 - 25	87 - 100	
19 mm		2 - 15	65 - 95	95 - 100	
12,5 mm	0 - 5	40 - 65	92 - 100		
9,5 mm	2 - 15	80 - 100	95 - 100		
6,3 mm	40 - 65	92 - 100			
4,75 mm	80 - 100	95 - 100			
2,36 mm	95 - 100				

Conforme a distribuição granulométrica o agregado pode ser classificado em diferentes faixas que são destinadas a diferentes aplicações. A tabela abaixo apresenta um exemplo mas, deve-se lembrar que esta é uma classificação comercial dos produtos e pode mudar de uma região para a outra.

Produto	Dimensão	Aplicação
Brita 0	4,5mm a 9,5mm	Confecção de massa asfáltica e concretos em geral: lajes pré-moldadas, estruturas de ferragem densa, artefatos de concreto (pré-moldados), chapiscos e brita graduada para base de pistas.
Brita 1	9,5mm a 19mm	Confecção de massa asfáltica e concretos em geral: lajes pré-moldadas, estruturas de ferragem densa, artefatos de concreto (pré-moldados), chapiscos e brita graduada para base de pistas.
Brita 2	19mm a 25mm	Confecção de concreto em geral e drenagem.
Brita 3	25mm a 38mm	Reforço de subleito para pistas de tráfego pesado e lastros de ferrovias

Brita 4	38mm a 76mm	Fossas sépticas, sumidouros, gabião, reforço de subleito para pistas de tráfego pesado e lastros de ferrovias.
Rachão	76mm a 150mm	Gabião, concretos ciclópicos, calçamentos de ruas e drenagem.

Fonte: Votorantim (2011)

A distribuição granulométrica também **influencia a trabalhabilidade** do concreto fresco. Alta porcentagem de material fino (com dimensão menor que 0,15mm) exige aumento de água de amassamento e consequentemente de cimento para um mesmo fator água/cimento. Além disso, o material pulverulento pode afetar a aderência entre a pasta e o agregado de tamanho maior. Por outro lado, **concretos sem finos são pouco trabalháveis**, sujeitos a maior exsudação com grande permeabilidade, como sujeitos a agentes agressivos. Concretos com **granulometria descontínua** exigem **maior energia de adensamento**, portanto, quando mais distribuídos estiverem os tamanhos dos grãos, maior a qualidade do agregado.

Dimensão máxima característica

Da mesma forma que no agregado miúdo, a dimensão máxima característica ou diâmetro máximo do agregado 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.

No caso do exemplo, o valor de 19 mm pode ser considerada como dimensão máxima do agregado, visto que na peneira 19 mm temos uma porcentagem retida acumulada de 3%. Na caracterização do agregado graúdo, o diâmetro máximo característico é uma informação muito importante principalmente quando o agregado é utilizado para execução de concreto armado. Nessa aplicação existe um limite máximo de tamanho da pedra, para evitar que as mesmas fiquem presas entre as barras de aço que compõem a armadura e dificultem o adensamento do concreto, podendo causar problemas como segregação da mistura e vazios nas fôrmas.

Portanto, quando se trata de agregado graúdo destinado a concreto armado, deve-se usar o maior tamanho possível do agregado, obedecendo às limitações seguintes:

- **1/4 da menor dimensão** da peça em planta;
- **1/3 da espessura**, para lajes;
- **2 x espaçamento vertical** entre as armaduras;
- **0,8 x espaçamento horizontal** entre as armaduras;
- **1/3 do diâmetro da tubulação** (para concreto bombeado).

Módulo de finura

O módulo de finura de um agregado é calculado pela soma das porcentagens retidas acumuladas em massa, nas peneiras da série normal, dividida por 100. O valor do módulo de finura decresce à medida que o agregado vai se tornando mais fino.

Para o exemplo, do agregado graúdo, somamos as porcentagens retidas acumuladas na penúltima coluna da tabela, obtendo o valor de 694. Se dividirmos por 100 temos 6,94, que é o módulo de finura do

agregado em questão.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3”	76	0	0,0%	0	0,0%	0%	0%	
2 1/2”	64	0	0,0%	0	0,0%	0%		0%
2”	50	0	0,0%	0	0,0%	0%		0%
1 1/2”	38	0	0,0%	0	0,0%	0%	0%	
1 1/4”	32	0	0,0%	0	0,0%	0%		0%
1”	25	33	0,3%	25	0,2%	0%		0%
3/4”	19	317,8	3,0%	421,4	3,8%	3%	3%	
1/2”	12,5	7258,9	68,8%	7376,1	66,5%	68%		71%
3/8”	9,5	2001,9	19,0%	2262,7	20,4%	20%	91%	
1/4”	6,3	791	7,5%	858	7,7%	8%		99%
4	4,8	123	1,2%	119	1,1%	1%	100%	
8	2,4	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
16	1,2	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
30	0,6	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
50	0,3	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
100	0,15	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
Fundo	<0,15	20,4	0,2%	29,6	0,3%	0%		
TOTAL		10546,0	100%	11091,8	100%	100%	694	

Quanto menor o módulo de finura mais água será necessária e, portanto, mais cimento para manter o fator água/cimento preestabelecido.

Substâncias nocivas

Assim como os agregados miúdos, existem substâncias presentes no agregado graúdo que podem prejudicar o seu desempenho em algumas aplicações. A NBR 7211 traz os limites dessas substâncias quando o agregado é utilizado em concretos.

Materiais Carbonosos (ASTM)

Em concreto cuja aparência é importante	0,5%
Nos demais concretos	1,0%
Torrões de Argila e Partículas Friáveis (NBR 7218)	
Em concretos cuja aparência é importante	1,0%
Em concreto submetido a desgaste superficial	2,0%
Nos demais concretos	3,0%
Material Pulverulento (NBR NM 46)	
Porcentagem máxima permitida	1,0%

Massa unitária ou Massa Específica Aparente (δ)

É determinada da mesma forma e utilizada para as mesmas finalidades que a massa unitária do agregado miúdo, sendo uma relação entre a **massa (M)** e o **volume aparente (V_{ap})** do agregado (volume aparente = volume dos grãos + volume dos vazios).

$$\delta = \frac{M}{V_{ap}}$$

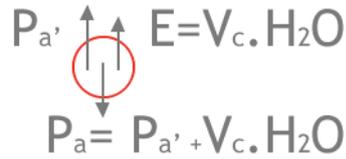
Massa Específica Real ou Absoluta (γ)

Representa a relação entre a **massa (M)** e o **volume real (V)** do agregado, ou seja, a soma dos volumes de todos os grãos. É calculada pela seguinte equação:

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

No agregado graúdo, a massa específica real é determinada pelo método descrito na NBR 9937. Essa determinação é feita por meio da pesagem hidrostática de um cesto com agregado. É feita uma pesagem da amostra de agregado fora da água e, após, o agregado é pesado submerso na água. Dentro da água, o peso da amostra é menor em função da força de empuxo, que é igual ao peso do volume de água deslocado. O volume de água deslocado é o volume das pedras submersas. Dessa forma, determinamos o volume real do agregado. A massa específica por meio deste ensaio é determinada pela seguinte relação:

$$\gamma = \frac{P_{\text{sec } 0}}{P_a - P_{a'}}$$



Onde:

P_a = Peso saturado (superfície seca)

$P_{a'}$ = Peso saturado e mergulhado na água (peso imerso)

Da mesma forma que nos agregados miúdos, a massa específica e massa unitária podem ser expressas em g/cm^3 , kg/dm^3 ou t/m^3 .

Resistência à abrasão

A resistência à abrasão é a resistência ao desgaste superficial sofrido pelo agregado e é determinada pelo método descrito na NM 51. Esse ensaio também é chamado de abrasão “Los Angeles”, pois esse é o nome dado ao aparelho onde se realiza o ensaio.

A amostra é colocada num cilindro oco, juntamente com bolas de ferro fundido. O cilindro é girado por um tempo determinado, provocando o choque das esferas com o agregado e entre agregados. Após a amostra, é peneirada na peneira 1,7mm e a porcentagem do material passante em relação à massa da amostra original é o resultado do ensaio. Para aplicação em concretos e em pavimentos rodoviários, essa porcentagem não deve ultrapassar 50% e, para lastros de ferrovias, a porcentagem máxima é de 40%.

Resistência ao esmagamento

É determinada pelo ensaio descrito na NBR 9938, que consiste em submeter o agregado a um determinado esforço de compressão, capaz de causar fraturamento dos grãos. A amostra submetida ao ensaio é peneirada na peneira 2,4 mm e o peso retido, expresso em porcentagem da amostra inicial constitui o resultado do ensaio.

Agregados que serão utilizados na confecção de pavimentos rodoviários devem ter uma boa resistência ao esmagamento, pois são constantemente submetidos a esforços de compressão de diferentes magnitudes.

Formato dos grãos

De acordo com Bauer (2008), os grãos de agregados não têm forma geometricamente definida. Quanto à relação entre as dimensões c (comprimento), l (largura) e e (espessura), os agregados graúdos são classificados de acordo com a tabela:

FORMA DOS GRÃOS			
NORMAIS	LAMELARES	DISCÓIDES	PLANOS
$\frac{c}{l} < 2$	$\frac{l}{e} < 2$ $\frac{c}{l} \geq 2$	$\frac{lc}{el} \ll 2$ $\frac{l}{e} \geq 2$	$\frac{c}{l} \geq 2$ $\frac{l}{e} \geq 2$

Normalmente, os agregados naturais têm grãos cuboides, de superfície arredondada e lisa contra as superfícies angulosas e extremamente irregulares dos grãos dos agregados industrializados, o que torna a mistura com agregados naturais mais trabalhável que com os industrializados. Assim, concretos com agregados de britagem exigem 20% mais de água de amassamento que os preparados com agregados naturais, porém, têm maiores resistência ao desgaste e à tração devido à maior aderência entre os grãos e a argamassa.

Grãos irregulares têm maior superfície específica que os cuboides e têm o inconveniente de poderem ficar presos entre as barras de armação do concreto armado resultando em enchimento irregular da fôrma. Quando se aumenta a porcentagem de grãos lamelares e alongados, o concreto perde trabalhabilidade. Por outro lado, os grãos irregulares devido a sua forma e textura superficial, apresentam maior aderência da argamassa resultando em maior resistência para um mesmo traço do que os constituídos com grãos cuboides e de superfície lisa.

Dependendo da aplicação existem limitações quanto ao formato dos grãos, como no caso de agregados para pavimentos rodoviários, que podem ter no máximo 10% de grãos irregulares, enquanto que o agregado para lastro ferroviário deve ter no mínimo 90% de seus grãos com formato cuboide.

O tipo de rocha também influencia o formato do grão. O granito produz grãos de melhor forma que o basalto, que produz grande quantidade de grãos lamelares.

Coeficiente de vazios (CV)

Semelhantemente aos agregados miúdos, o coeficiente de vazios é o número que, multiplicado pelo volume total do agregado dá o volume de vazios nesse agregado. Quanto maior o coeficiente de vazios, maior o consumo de pasta para ligar os agregados.

$$C_v = 1 - \frac{\delta}{\gamma}$$

Síntese

ENSAIO	PROPRIEDADES AVALIADAS	NORMA	IMPORTÂNCIA
GRANULOMETRIA	Tamanho e distribuição dos grãos do agregado.	NBR 7127	Comparação da distribuição granulométrica do agregado analisado com padrões de normas. Os agregados bem graduados possuem menor número de vazios e menor consumo de aglomerantes. Determinar diâmetro máximo e módulo de finura
MATERIAIS CARBONOSOS		ASTM	Avaliar se o agregado contém material que inviabilize seu uso, tais como: partículas que podem dar origem a reações químicas expansivas com o cimento, partículas com dimensões iguais ou inferiores às do cimento, que enfraquecem a estrutura do material hidratado, partículas com baixa resistência ou com expansões e contrações excessivas, material que interfira na pega e endurecimento do cimento, impurezas que prejudiquem as armaduras do concreto armado.
MATERIAL PULVERULENTO		NM 46	
TORRÕES DE ARGILA		NBR 7218	
MASSA UNITÁRIA OU MASSA ESPECÍFICA APARENTE	Relação entre a massa do material e seu volume aparente (volume dos grãos + volume de vazios entre os grãos)	NM 45	Avaliar de forma indireta os vazios entre os grãos do agregado, que influenciam o consumo de aglomerantes. Transformar quantidades de material de peso para volume.
MASSA ESPECÍFICA REAL OU ABSOLUTA	Relação entre a massa do material e seu volume real.	NBR 9937	Avaliar de forma indireta a compacidade do material e o peso por unidade de volume.
RESISTÊNCIA À ABRASÃO	Fragmentação do material devido à abrasão.	NM 51	Avaliar a resistência ao desgaste superficial do agregado.
RESISTÊNCIA AO ESMAGAMENTO	Fragmentação do material devido ao esmagamento	NBR 9938	Avaliar a resistência ao esmagamento por esforço de compressão do agregado
FORMATO DOS GRÃOS	Relação entre as diferentes dimensões	-	Avaliar o formato predominante do agregado (cuboide, lamelar, discoide ou plano), que influencia a aplicação.
COEFICIENTE DE VAZIOS	Indicador da quantidade de vazios entre os grãos de agregados	-	Avaliar os vazios entre os grãos do agregado, que influenciam o consumo de aglomerantes.

Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211: Agregados para concreto**. Rio de Janeiro: 2009.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7217: Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: 1987.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7218: Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis**. Rio de Janeiro: 2010.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9937: Agregados - Determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo - Método de ensaio**. Rio de Janeiro: 1988.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9938: Agregados - Determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos - Método de ensaio**. Rio de Janeiro: 1987.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro: 2006.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem**. Rio de Janeiro: 2003.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NM 51: Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Angeles"**. Rio de Janeiro: 2001.
- BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.