

ANÁLISE DO ENSAIO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO GRAÚDO E MIÚDO

Resumo: Para obter-se um concreto de boa qualidade, é necessário que ele seja tratado cuidadosamente na fase plástica, uma vez que as deficiências geradas nesta fase resultarão em prejuízos para o concreto endurecido, comprometendo a sua durabilidade. O ensaio de granulometria é o processo utilizado para a determinação da percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada. Através dos resultados obtidos desse ensaio é possível a construção da curva de distribuição granulométrica, tão importante para a classificação dos solos bem como a estimativa de parâmetros para filtros, bases estabilizadas, permeabilidade, capilaridade etc. A determinação da granulometria de um solo pode ser feita apenas por peneiramento ou por peneiramento e sedimentação, se necessário. O seguinte trabalho teve por objetivo analisar a granulometria de agregados miúdos e graúdos representados pela areia e pela pedra britada respectivamente. O experimento foi realizado na cidade de Vitória da Conquista em um laboratório do instituto federal da Bahia. O intuito será demonstrar a importância do ensaio granulométrico para aferir a dimensão das partículas dos agregados, em vista da necessidade de averiguar essas características para garantir um concreto de qualidade.

Palavras-chave: Concreto, granulometria, agregados.

1. INTRODUÇÃO

Os agregados são minerais sólidos, inertes, sem forma ou volume definidos e com granulometrias adequadas, classificados em miúdo (areia) e graúdo (brita), cada qual com propriedades específicas que têm por objetivo compor argamassas e concretos, com as funções de resistir aos esforços mecânicos, ao desgaste e ao intemperismo. No segmento da construção civil, estes materiais são utilizados para a fabricação de concreto. De acordo com a norma 7211:2009, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o agregado para concreto deve ser “composto por grãos de minerais duros, compactos, duráveis, estáveis, limpos e que não interfiram no endurecimento e hidratação do cimento e também na proteção contra corrosão da armadura”.

Segundo NETO, OLIVEIRA E RAMOS (2011), as propriedades dos agregados dependem da rocha de origem e afetam significativamente a durabilidade e o desempenho estrutural do concreto, pois estes irão aumentar o volume e diminuir o custo do produto. Dessa forma, para se ter um concreto de boa qualidade é necessário averiguar as características dos agregados com vários ensaios. Estes ensaios indicarão propriedades como: granulometria, massa específica real e aparente, módulo de finura, impurezas orgânicas entre outras características.

No ensaio granulométrico determina-se as dimensões das partículas do agregado e suas respectivas porcentagens de ocorrência. De acordo com a norma 7217:1987, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que trata sobre a determinação da composição granulométrica, é necessário que para cada uma das amostras de ensaio, calcular a porcentagem retida, em massa, em cada peneira as amostras devem apresentar necessariamente a mesma dimensão máxima característica e, nas demais peneiras, os valores de porcentagem retida individualmente não devem diferir mais de quatro unidades de porcentagem entre si. Caso isto ocorra, repetir o peneiramento para outras amostras de ensaio até esta exigência ser atendida.

O método mais utilizado para efetuar a análise granulométrica é a peneiração, este consiste num conjunto de suportes metálicos, cilíndricos que servem de suporte para redes de

malha calibrada com diferentes espessuras. Estas peneiras são constituídas para encaixar uma na outra, de forma que a de maior espessura fica por cima e as outras de menor espessura ficam por baixo, e abaixo de todas existe um recipiente, no qual ficam depositados os resíduos que não foram retidos em nenhuma das peneiras anteriores, chamado de fundo.

Com o ensaio de granulometria pode-se obter a curva granulométrica de um solo. Através da curva granulométrica pode-se estimar as porcentagens (em relação ao peso seco total), correspondentes a cada fração granulométrica do solo.

No peneiramento a seco, as partículas rolam sobre a superfície da tela e são expostas às aberturas das mesmas por várias vezes, numa verdadeira disputa probabilística na tentativa de encontrar a abertura da tela. Para assegurar a eficiência do peneiramento, o processo a seco utiliza peneiras, cujas telas são mais longas que aquelas usadas no processo a úmido. Por essa e outras razões, as peneiras usadas no peneiramento fino a seco são dimensionadas com base em unidade de alimentação por área unitária ($t/h/m^2$), enquanto no processo a úmido considera-se $t/h/m$.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

- ✓ Recipientes de plástico;
- ✓ Peneiras numeradas e padronizadas;
- ✓ Peneiras para agregados miúdos;
- ✓ Peneiras para agregados graúdos;
- ✓ Escovas;
- ✓ Estufa;
- ✓ Balança eletrônica;
- ✓ Areia (500 gramas);
- ✓ Brita (500 gramas dos agregados graúdos).

2.2 Método realizado para os agregado miúdos

• Procedimento

Iniciou-se o experimento por meio da pesagem de 500g de areia seca na balança analítica. Em seguida foi feita a limpeza e organização das peneiras com o intuito de formar um único conjunto de peneiras. Desta forma, elas foram colocadas uma sobre as outras na ordem decrescente respeitando a numeração da abertura.

No entanto, como não foi possível obter todas as peneiras com suas respectivas aberturas, foi realizada uma substituição por outras peneiras que apresentassem a abertura mais próxima da real. Porém, é importante salientar que a modificação das peneiras não interferiu no procedimento do experimento.

Após organização das peneiras foi acrescentado 500 g de areia no topo da sequência, e foi realizado manualmente o processo de peneiramento por cerca de dois minutos. Ao final do tempo foi realizado a retirada cuidadosamente de cada peneira iniciando do topo do conjunto. Ademais, em algumas peneiras com aberturas menores, foi necessário realizar um peneiramento a mão com a finalidade de passar mais amostras para as próximas peneiras, influenciando assim, a sua passagem.

Após organização das peneiras foi acrescentado 500 g de areia no topo da sequência, e foi realizado manualmente o processo de peneiramento por cerca de dois minutos. Ao final do tempo foi realizado a retirada cuidadosamente de cada peneira iniciando do topo do conjunto. Ademais, em algumas peneiras com aberturas menores, foi necessário realizar um peneiramento

a mão com a finalidade de passar mais amostras para as próximas peneiras, influenciando assim, a sua passagem.

2.2 Método realizado para os agregado graúdos

- **Procedimento**

Iniciou-se o experimento realizando a pesagem de 1 kg de brita na balança analítica. Entretanto, como a balança não suporta a carga do material de uma única vez, foi dividida a pesagem da brita em duas vezes de 500g.

Em seguida foi feita a limpeza e organização das peneiras com o intuito de formar um único conjunto de peneiras. Desta forma, elas foram colocadas uma sobre as outras na ordem decrescente respeitando a numeração da abertura.

No entanto, não foi possível obter todas as peneiras com suas respectivas aberturas indicada na tabela 2. Desta forma, utilizou-se a mesma solução que foi elaborado no ensaio de granulometria de agregados miúdos e realizou-se a substituição de algumas peneiras por outras que apresentassem a abertura mais próxima da real.

Após organização das peneiras foi acrescentado 1 kg de brita no topo da sequência, e foi realizado manualmente o processo de peneiramento por cerca de dois minutos. Ao final do tempo foi realizado a retirada cuidadosamente de cada peneira iniciando do topo do conjunto.

A cada massa de amostra retida na peneira era direcionada para um recipiente, identificado e pesado. Ao final do ensaio todos os pesos das massas de amostras que foram retidas pelas peneiras foram anotados para serem utilizados como base dos cálculos de massa total, porcentagem retidas e outros, que serão apresentados nos resultados e discussões.

3 RESULTADOS

Para efetuar os cálculos do ensaio granulométrico realizado foi necessário efetuar o somatório de todas as massas retidas nas peneiras e no fundo, assim como, calcular as porcentagens retidas e acumuladas, no entanto, ambas etapas supracitadas não podem diferir mais de 0,3% da massa e porcentagem inicial da amostra. As porcentagens retidas e acumuladas devem ser apresentadas com aproximação de 0,1%.

Vale ressaltar que, é de extrema importância conferir de maneira cuidadosa, a massa total do material retido nas peneiras e no fundo com a massa seca inicial da amostra, visto que, como fora dito, a diferença não pode ultrapassar 0,3% da massa inicial. Quando há essa diferença, pode ter sido causada por perda de material ao longo do procedimento ou por questão de sensibilidade da balança utilizada no ensaio.

Outro fator importante a ser calculado é o módulo de finura (MF) que tem a função de classificar os agregados, e também serve como informação em alguns métodos de dosagem que venha a ser utilizado esse módulo. Para atingir o MF é necessário usar a equação a seguir:

Observa-se que o módulo de finura corresponde ao valor resultante da soma da porcentagem retida acumulada nas peneiras da série normal citadas anteriormente, divididas por 100. Por meio do módulo de finura, é possível quantificar se o agregado é mais grosso ou mais fino, sendo que quanto maior o módulo de finura mais grosso é o agregado.

No quadro 1 a seguir, são apresentados os resultados de um ensaio de granulometria de amostras da areia (agregado miúdo) coletada e utilizada durante o experimento, enquanto, no quadro 2, os resultados das amostras da brita usada para as quais foram traçadas curvas granulométricas e calculados módulos de finura e dimensão máxima. Os quadros citados mostram também os limites da classificação granulométrica das areias e das britas de acordo com a NBR 7211.

Sabe-se que a dimensão máxima (DMC) é a grandeza determinada a partir da distribuição granulométrica, que corresponde à malha da maior peneira, em que fica retida uma porcentagem de agregado igual ou inferior a 5%, ou seja, desde que essa porcentagem seja superior a 5% na peneira imediatamente abaixo. O cálculo da DMC serve para verificar se um agregado tem tamanho adequado para ser utilizado em concreto de elementos estruturais de determinadas dimensões.

Quadro 1 – Resultados de ensaio de granulometria da areia.

peneira (mm)	peso s (g)	porcentagens		cálculo MF	porcentagens acumuladas - limites da NBR-7211			
		retida	acumulada		muito fina	finas	média	grossa
90,0	0,0	0,0	0,0	0,0	////	////	////	////
38,1	0,0	0,0	0,0	0,0	////	////	////	////
19,5	0,0	0,0	0,0	0,0	////	////	////	////
9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0-3	0-7	0-7	0-7
4,75	8,4	1,7	1,7	1,7	0-5	0-10	0-11	0-12
2,0	15,5	3,1	4,8	4,8	0-5	0-15	0-25	0-40
1,18	28,5	57,7	62,5	62,5	0-10	0-25	10-45	30-70
0,85	25,1	5,0	67,5	67,5	0-20	21-40	41-65	66-85
0,30	288,7	5,7	73,2	73,2	50-85	60-88	70-92	80-95
0,18	103,2	5,8	79,0	79,0	85-100	90-100	90-100	90-100
Fundo	29,0	20,7	99,7	99,7	100	100	100	100
Total	498,4	99,7		288,7				
		MF=2,89 ou MF= 2,9						

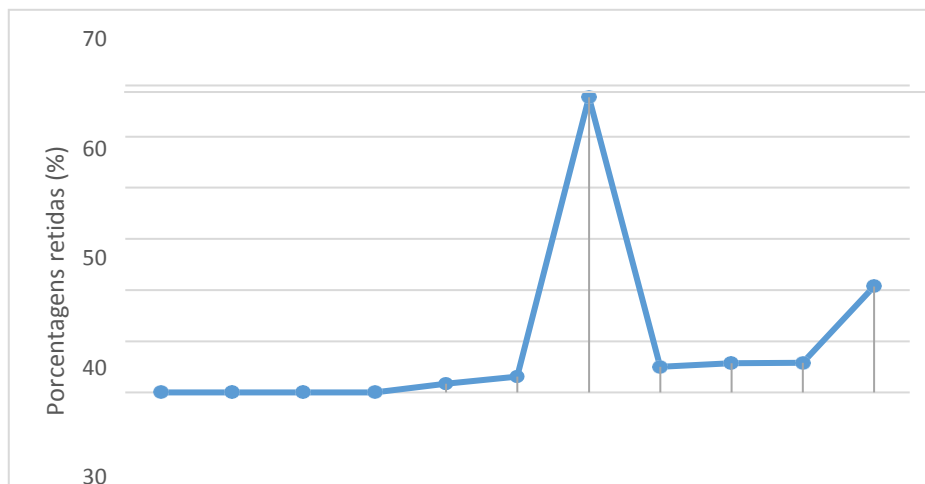
Fonte: Autoria Própria (2018)

Tabela 3- Dados referente ao Quadro 1

Módulo de Finura	2,9	D_{máx}	2,0
---------------------------------	------------	------------------------	------------

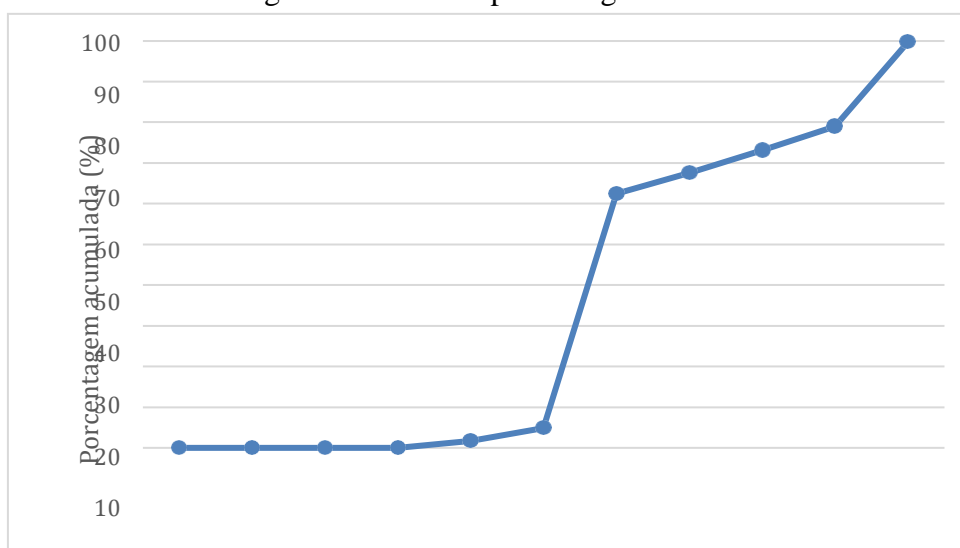
Fonte: Autoria Própria (2018)

Gráfico 1 – Curva granulométrica – porcentagens retidas da areia.



Fonte: Autoria Própria(2018)

Gráfico 2 – Curva granulométrica – porcentagens acumuladas da areia.



Fonte: Autoria Própria (2018)

As areias são divididas e classificadas de acordo com os seus tamanhos, e podem ser divididas em: Areia Fina (com grãos que variam de 0,05 a 0,42 mm); Areia média (com grãos que variam de 0,42 a 2 mm); Areia grossa (com grãos que variam de 2 a 4 mm);

Por meio do Quadro 1 percebe-se que de acordo com os limites de porcentagens acumuladas pela NBR- 7211, a areia é classificada como grossa. A areia grossa ou vermelha tem essa aparência por ser misturada com terra, e seu uso é mais indicado para reboco, assentamento de tijolos, sustentação de lajes, colunas e contra piso.

Através da Tabela 1 o MF da areia é definido com o valor de aproximadamente 2,9 e dimensão máxima de 2,0 mm. Segundo a classificação do módulo de finura, sabe-se que o MF de zona ótima varia de 2,20 a 2,90, enquanto que o MF da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20, e por último, a zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50. Assim, compreende-se que a MF da areia utilizada no ensaio granulométrico está entre as duas últimas faixas citadas acima.

Quadro 2 – Resultados de ensaios de granulometria de brita.

peneira (mm)	pesos (g)	porcentagens		cálculo MF	porcentagens acumuladas - limites da NBR-7211				
		retida	acumulada		brita 0	brita 1	brita 2	brita 3	brita 4
152	0,0	0,0	0,0	0,0	////	////	////	////	////
90	0,0	0,0	0,0	0,0	////	////	////	////	0
64	0,0	0,0	0,0	0,0	////	////	////	////	0-30
50,8	0,0	0,0	0,0	0,0	////	////	////	0	75-100
38,1	0,0	0,0	0,0	0,0	////	////	////	0-30	90-100
31,5	0,0	0,0	0,0	0,0	////	////	0	75-100	95-100
25,4	0,0	0,0	0,0	0,0	////	0	0-25	87-100	////
19,5	16,4	1,6	1,6	1,6	////	0-10	75-100	95-100	////
12,7	785,2	78,5	80,1	80,1	////	////	90-100	////	////
9,52	181,1	18,1	98,2	98,2	0-10	80-100	95-100	////	////
5,66	14,5	1,5	99,7	99,7	////	92-100	////	////	////
4,75	0	0	99,7	99,7	80-100	95-100	////	////	////
2,4	0,4	0,04	99,7	99,7	95-100	////	////	////	////
fundo	0,9	0,09	99,8	99,8	////	////	////	////	////
total	998,5	99,8		479,0					
			MF=4,79 ou MF=4,8						

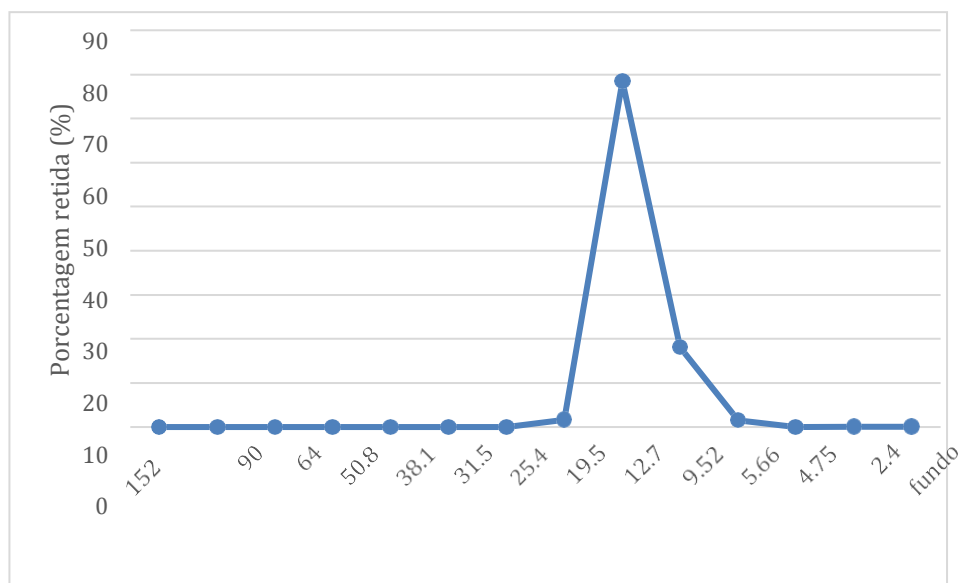
Fonte: Autoria Própria (2018)

Tabela 4- Dados referente ao Quadro 2

Módulo de Finura	4,8	D_{máx}	19,5
-------------------------	-----	------------------------	------

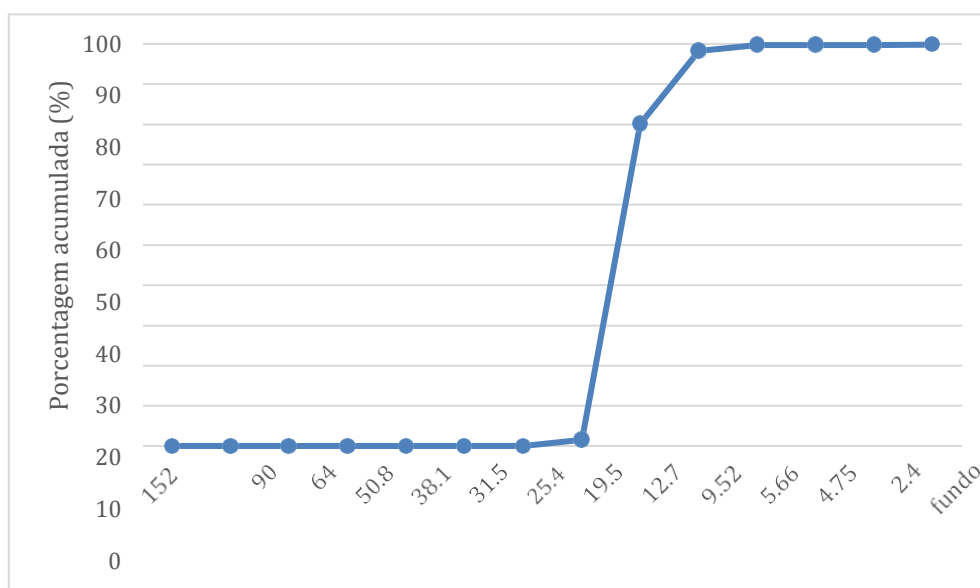
Fonte: Autoria Própria (2018)

Gráfico 3 – Curva granulométrica – percentagens retidas da brita.



Fonte: Autoria Própria(2018)

Gráfico 4 – Curva granulométrica – percentagens acumuladas da brita.



Fonte: Autoria Própria(2018)

Segundo o Quadro 2, observa-se que os limites de porcentagens acumuladas pela NBR -7211, classifica a brita utilizada no ensaio granulométrico como a Brita 1, assim como de acordo com a Tabela 2 o MF da brita foi definido com o valor de aproximadamente 4,8 e a sua DMC no valor de 19,5 mm. Vale ressaltar que a Figura 1 foi utilizada como base para a classificação da brita.

Conforme a Norma NBR 7211 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os diferentes tipos de brita são classificados de acordo com a sua granulometria, ou seja, o tamanho dos grãos. Assim, temos o pó de brita e as britas 0, 1, 2, 3 e 4. Os agregados graúdos empregados na tecnologia dos concretos têm dimensões de grãos maiores que 4,8 mm e inferiores a 76 mm. A determinação da granulometria do agregado graúdo é realizada da mesma maneira que a realizada para o agregado miúdo, mudando apenas a série de peneiras utilizadas (Tabela 3) e a amostra mínima que deve ser determinada pela tabela.

Tabela 5 –Determinação da granulometria do agregado graúdo

brita zero	4,8 mm a 9,5 mm
brita 1	9,5 mm a 19,0 mm
brita 2	19,0 mm a 25,0 mm
brita 3	25,0 mm a 38,0 mm
brita 4	38,0 mm a 76,0 mm
pedra-de-mão	> 76,0 mm

Fonte: SENAI

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se que a areia e a brita constituem agregados essenciais para a fabricação do concreto, pois aumentam o seu volume e diminuem o custo do produto. Através deste experimento pode-se observar que o ensaio tem fins de ensinar a determinação da granulometria para se determinar o tipo de solo e se este solo está apto para for usado em uma determinada obra.

A etapa dos métodos e materiais também deve ser executada de forma precisa e cuidadosa para que não interfira no resultado dos ensaios. Desta forma, ao realizar os procedimentos deve-se tomar cuidado ao manipular os aparelhos para que não haja nenhum erro nas medições principalmente na etapa de pesagem e de peneiramento dos agregados, pois são etapas totalmente dependentes da pessoa que está manuseando e qualquer interferência nesses procedimentos vai alterar de forma significativa os resultados e com isso deverá se repetir todos os passos.

Deste modo, todas as etapas de procedimento dos presentes ensaios foram executadas com a máxima atenção e cuidado, como: coleta e secagem do solo, pesagem das amostras (areia e brita), limpeza, organização e substituição das peneiras. Entretanto, é importante ressaltar que a substituição das peneiras por outras que apresentassem a abertura mais próxima do real não interferiu na execução do ensaio, e nem na elaboração dos resultados.

Em relação ao material do ensaio, a granulometria do agregado miúdo – a areia, (diâmetro máximo das partículas igual a 2,00 mm) está dentro dos limites da zona 4 da NBR – 7211 e é considerada como areia grossa, que pode ser usada para a produção de argamassa de

assentamento de tijolos. Além disso, apresenta um módulo de finura igual a 2,89 ou 2,9 aproximadamente, isso implica dizer que a areia encontra-se na zona ótima.

A granulometria do agregado graúdo – a brita, (diâmetro máximo das partículas igual a 19,5 mm) está dentro dos limites da zona de brita 1 da NBR – 7211 é a mais utilizada na construção civil, em colunas, vigas e lajes. Atualmente, essa é a brita mais encontrada em concretos pode ser usada para a produção de argamassa de assentamento de tijolos. Além disso, apresenta um módulo de finura igual a 4,8 aproximadamente.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação. 2005. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/Nbr_7211_2005.pdf>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217: Agregados – Determinação da composição granulométrica. 1987. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-7.217Determina%C3%A7%C3%A3o-da-composi%C3%A7%C3%A3ogranulom%C3%A9trica.pdf>>. Acesso em: 28 de maio de 2018.

NETO, B.B.P.; OLIVEIRA, D.R.C.; RAMOS, D. Efeitos do tipo, tamanho e teor do agregado graúdo no módulo de deformação do concreto de alta resistência. Revista Matéria, v. 16, n. 2, p. 690 – 702, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rmat/v16n2/05.pdf>>. Acesso em: 26 maio de 2018.

ANALYSIS OF THE GRANULOMETRIC TEST OF ADDED GRATITUDE AND KID

Abstract: *In order to obtain a good quality concrete it is necessary to treat it carefully in the plastic phase, since the deficiencies generated in this phase will result in damages to the hardened concrete, compromising its durability. The particle size test is the process used to determine the percentage by weight that each specified range of particle size represents in the total mass tested. Through the results obtained from this test, it is possible to construct the grain size distribution curve, which is so important for soil classification as well as the estimation of parameters for filters, stabilized bases, permeability, capillarity and so on. The determination of the granulometry of a soil can be done only by sieving or by sieving and sedimentation, if necessary. The objective of this work was to analyze the granulometry of small and large aggregates represented by sand and crushed stone respectively. The experiment was carried out in the city of Vitória da Conquista in a laboratory of the federal institute of Bahia. The purpose of this paper is to demonstrate the importance of the particle size test to assess the particle size of the aggregates in view of the need to investigate these characteristics to ensure quality concrete.*

Key-word: Concrete, granulometry, aggregates.