



ANAIS DO 49º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO
CBC2007

SETEMBRO / 2007

ISBN 978-85-98576-17-6

@ 2007 - IBRACON



Influência do índice de forma do agregado graúdo na resistência a compressão do concreto

Influence of coarse aggregate shape factor on concrete compressive strength

Josué A. Arndt(1); Joelcio de Souza (2); Maurício Bianchini (3)

(1) Eng. Civil, Coordenador de Tecnologia, Engemix

(2) Eng. Civil, Coordenador de Tecnologia, Engemix

(3) Eng. Civil, Coordenador de Tecnologia, Engemix

Engemix – Votorantim Cimentos - Rua Saco do Cabral, 521
CEP 90250-700, Porto Alegre, RS, Brasil, tel (51) 3374-1624

Resumo

As propriedades dos agregados graúdos influenciam diretamente nas características do concreto, seja no estado fresco ou endurecido. A gama de variação destas propriedades exige adequado controle de qualidade e criterioso processo de seleção destes agregados a fim de reduzir o consumo de cimento nos traços de concreto.

O presente trabalho tem por objetivo caracterizar o índice de forma dos agregados utilizados na central de Porto Alegre e avaliar sua influência na trabalhabilidade e na resistência à compressão. Para tanto foram produzidos traços idênticos em massa variando apenas o tipo do agregado graúdo. Após estas definições foram executadas algumas ratificações em escala real nos caminhões betoneiras a fim de confirmar os estudos de laboratório.

Palavra-Chave: índice de forma, agregado graúdo, propriedades do concreto

Abstract

The properties of the coarse aggregate have influence on the characteristics of the concrete, either in fresh state or hardened. The variation of these properties demand a proper control and selection in order to reduce cement in the mix proportions.

The objective of this paper is to study the shape factor of the aggregates used in Porto Alegre and evaluate its influence on the workability and compressive strength of the concrete. In order to do so, two mix proportioning have been tested and the only variation has been the type of the coarse aggregate. After all these definitions has been executed some ratifications in real scale in concrete trucks mixer in order to confirm the laboratory studies.

Keywords: shape factor, coarse aggregate, concrete properties



1 Introdução

Os agregados representam em torno de 80% do peso do concreto e 30% do custo, exigindo adequado controle de qualidade a fim de garantir a manutenção das suas propriedades tanto no estado fresco quanto no endurecido. Anterior ao controle de qualidade requerido, é necessária uma avaliação criteriosa das características físicas dos agregados utilizados de maneira que se obtenha a melhor eficiência possível no consumo de cimento, visando à redução do custo do concreto produzido.

Para analisar a influência das características dos agregados no concreto, foram utilizados dois tipos de agregados graúdos, ambos da mesma pedra sendo diferenciados apenas pelo processo de britagem. O primeiro produzido a partir de um britador de mandíbulas comumente utilizado na maioria das britagens que produz um grão mais lamelar, e o segundo produzido por um impactador de eixo vertical (VSI), que produz um grão mais cúbico.

Os dois materiais foram caracterizados e a partir disto foram reproduzidos dois traços semelhantes onde a única variável foi o tipo do grão. Primeiramente o traço foi reproduzido no laboratório da Engemix Porto Alegre e posteriormente colocado em produção na mesma central.

A metodologia empregada para avaliação foi simples e objetiva analisando o impacto direto que o formato do grão tem na trabalhabilidade do concreto enquanto no estado fresco e posteriormente na resistência a compressão.

2 Metodologia

Considerando que a grande parte do concreto solicitado na central de Porto Alegre é feita pelo fck e pelo abatimento, foi testado em laboratório um traço 1:5,5 em massa, com teor de argamassa igual 54%, um consumo de cimento de 350kg/m³ e um abatimento fixado em 120±20mm. A relação a/c não foi priorizada inicialmente, sendo a adição de água feita até que se atingisse o abatimento desejado.

Como o objetivo deste trabalho é a avaliação do agregado graúdo, as características referentes à areia utilizada não são mencionadas já que foi usada a mesma areia em ambos os traços.

A brita produzida pelo britador de mandíbulas foi identificada como “COMUM” e a produzida pelo impactador de eixo vertical como “VSI”,

2.1 Caracterização dos Materiais

A caracterização dos materiais foi realizada seguindo a metodologia especificada nas respectivas normas brasileiras.

2.1.1 Composição granulométrica, Módulo de finura e Dimensão máxima característica



Determinada pelo método descrito na NBR NM 248/01 Agregados – Determinação da composição granulométrica e NBR 7211 Agregado para concreto – Especificação.



Figura 1 – peneirador mecânico.

Peneira (abertura)	Massa retida (kg)		% em massa			
	COMUM	VSI	Retida		Acumulada	
			COMUM	VSI	COMUM	VSI
25mm	-	-	-	-	-	-
19mm	-	0,528	-	5	-	5
12,5mm	0,697	5,702	7	57	7	62
9,5mm	4,867	2,925	48	29	55	91
6,3mm	2,733	0,792	27	8	82	99
4,75mm	1,393	0,010	14	0	96	99
2,38mm	0,273	0,005	3	0	99	99
1,18mm	-	-	-	-	99	99
600µm	-	-	-	-	99	99
300µm	-	-	-	-	99	99
150µm	-	-	-	-	99	99
<150µm	0,033	0,038	1	1	100	100
TOTAL	9,997	10,000		100	646	690
Módulo de finura					6,46	6,90
Dimensão máxima característica (mm)					19	19

Tabela 1 – Composição granulométrica.



2.1.2 Massa unitária

Determinada pelo método descrito na NBR NM 45/06 Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios.

Massa unitária (kg/dm ³)	
COMUM	1,47
VSI	1,58

Tabela 2 – Massa unitária.

2.1.3 Massa específica

Determinada pelo método descrito na NBR NM 53/03 Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.

Massa específica (kg/dm ³)	
COMUM	2,92
VSI	2,92

Tabela 3 – Massa específica.

2.1.4 Índice de forma

Determinada pelo método descrito na NBR 7809/06 Agregado graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de ensaio.

Peneira (abertura)	COMUM		VSI	
	% retida	Número de grãos	% retida	Número de grãos
19mm	-	-	5	-
12,5mm	7	25	57	133
9,5mm	48	175	29	67
6,3mm	27	-	8	-
4,75mm	14	-	-	-
2,38mm	3	-	-	-
1,18mm	-	-	-	-
600µm	-	-	-	-
300µm	-	-	-	-
150µm	-	-	-	-
<150µm	1	-	1	-

Tabela 4 – Número de grãos a serem medidos em cada fração.

Índice de forma	
COMUM	4,0
VSI	1,8

Tabela 5 – Índice de forma.



Figura 2 – Brita "COMUM".



Figura 3 – Brita "VSI".

2.2 Ensaio Realizados

Após a caracterização dos agregados foi realizada a dosagem em laboratório, sendo que os concretos foram submetidos ao ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone segundo a NBR NM 67/98 Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, sendo adicionada água até que o abatimento de 120mm fosse atingido.



Figura 4 – Ensaio de abatimento.

Assim que o abatimento desejado foi atingido foram moldados 8 corpos-de-prova cilíndricos de dimensões 10X20cm de cada traço, para realização do ensaio de compressão.

Os corpos-de-prova foram moldados e mantidos em câmara úmida a temperatura de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade $> 95\%$ até as respectivas datas do ensaio de compressão a 7 e 28 dias conforme a NBR 5739/94 Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.



Figura 5 – Prensa utilizada no ensaio de compressão.

3 Resultados

A tabela 6 apresenta os resultados do ensaio de resistência a compressão dos dois traços, bem como o abatimento medido e as relações água/cimento atingidas.

Idade (dias)	Resistência compressão (MPa)	
	COMUM	VSI
7	26,9	27,9
	26,1	29,0
	27,0	28,1
	26,5	28,8
28	28,2	33,2
	29,0	32,0
	29,2	32,2
	28,0	33,1
abat.	120mm	120mm
a/c	0,57	0,52

Tabela 6 – Limites de resistência a compressão.



ANAIS DO 49º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO
CBC2007

SETEMBRO / 2007

ISBN 978-85-98576-17-6

© 2007 - IBRACON



4 Considerações Finais

Analisando os resultados encontrados, expressos na tabela 5, verifica-se um consumo de água mais elevado do traço que utilizou a brita COMUM em relação ao traço com a brita VSI. Essa diferença no consumo de água representou uma diferença de aproximadamente 10% na resistência a compressão dos concretos.

Após estes estudos feitos em laboratório, foram realizados vários testes em caminhões betoneira, com resultados semelhantes porém em menor proporção. A utilização da brita VSI apresentou um consumo de aproximadamente 15kg a menos de cimento por m³ para traços de mesma resistência e abatimento.

Além da redução no consumo de cimento foi possível verificar que a utilização da brita VSI ainda permite outros ajustes como redução do teor de argamassa no traço, o que permitiria também mais redução no consumo de cimento e reduziria ainda mais o custo do traço, visto que o custo do agregado miúdo é mais elevado que o graúdo na região de Porto Alegre. Tais aspectos não foram estudados, servindo como sugestão para trabalhos futuros bem como uma análise mais aprofundada da influência do agregado graúdo no concreto.



5 Referências

ABNT – Norma Brasileira. NBR 6118: **Projeto de Estruturas de Concreto**. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT – Norma Brasileira. NBR 5738: **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT – Norma Brasileira. NBR 5739: **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT – Norma Brasileira. NBR NM 67: **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT – Norma Brasileira. NBR NM 248: **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT – Norma Brasileira. NBR NM 26: **Agregados – Amostragem**. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT – Norma Brasileira. NBR NM 27: **Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório**. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT – Norma Brasileira. NBR NM 45: **Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT – Norma Brasileira. NBR NM 53: **Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2003.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M.. **Concreto, estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1997.