

ESTUDO DO AGREGADO MIÚDO PARA A PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS AUTO-ADENSÁVEL: SUBSTITUIÇÃO DA AREIA NATURAL POR AREIA DE BRITAGEM

Nayara Soares Klein (1); Berenice Toralles Carbonari (2); Roger P. Guizilini (3)

(1) Universidade Estadual de Londrina, Brasil – e-mail: nayaraklein@hotmail.com

(2) Departamento de Construção Civil – Universidade Estadual de Londrina, Brasil – e-mail: toralles@uel.br

(3) Universidade Estadual de Londrina, Brasil – e-mail: roger.pg@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho busca realizar um estudo de seleção de areia de britagem para uso na produção de concreto auto-adensável (CAA). O objetivo é a substituição da areia natural pela areia de britagem na produção deste tipo de concreto, visando contribuir para minimização do impacto ambiental causado pela extração da areia natural. No estudo foram utilizadas quatro areias de britagem, provenientes de pedreiras distintas, da região de Londrina/PR. A avaliação das areias foi realizada por ensaios de caracterização do agregado, em especial análise granulométrica, teor de material pulverulento e análise de forma da partícula, consequência do tipo de britador utilizado na produção. Para a seleção das areias foram realizados, também, ensaios de espalhamento em argamassas, buscando a argamassa de melhor desempenho. A partir dos resultados obtidos na seleção da areia de britagem, procedeu-se ao estudo de produção de argamassas auto-adensáveis – através de ensaios reduzidos de espalhamento e funil em V, descritos por OKAMURA e OUCHI (2003). Além da substituição total da areia natural pela areia de britagem, foram estudadas composições destes agregados, nas proporções de 10/90, 20/80, 30/70, 40/60 e 50/50%, respectivamente. A análise dos resultados obtidos nos permite concluir que a substituição da areia natural por areia de britagem é viável para a produção de argamassas auto-adensáveis.

Palavras-chave: areia de britagem, argamassa auto-adensável.

ABSTRACT

This paper is a result of a study to select artificial sand to be used to produce self-compacting concrete (SCC). The purpose is the substitution of natural sand by artificial sand on the production of this kind of concrete, searching a minimization on the environmental impact caused by the natural sand extraction. It was studied sands originated from four different sources, around the region of Londrina/PR. The analyses of the sands were made by tests on the aggregates, especially particle size distribution, percentage of material thinner than 75 µm and analysis of the particle shape, consequence of the type of equipment used on production. Slump flow tests on mortars were also performed in order to select the sand used. From the results obtained on selection, a study was carried out in order to produce self-compacting mortars – through reduced slump flow and V-funnel tests on mortars, described by OKAMURA and OUCHI (2003). The total substitution of natural by artificial sand was studied and also compositions of this two types of aggregates, on proportions of 10/90, 20/80, 30/70, 40/60 and 50/50%, respectively. The obtained results allow the conclusion that the substitution of natural by artificial sand on self-compacting mortars production is possible.

Keywords: artificial sand, self-compacting mortar.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Areia de Britagem

A obtenção de areia natural para utilização em concretos e argamassas vem se tornando cada vez mais difícil devido ao esgotamento de jazidas localizadas próximas aos grandes centros urbanos e às restrições impostas pelos órgãos de fiscalização ambiental para a extração deste material. A exaustão das jazidas de areia natural, resultado de um longo período de exploração, tem tornado necessária a busca do material em locais cada vez mais distantes, fazendo com que o custo do material seja elevado. Da mesma forma, o Código Florestal Brasileiro (1965), por meio da Lei 4.771/65, considera como áreas de preservação permanentes as florestas e demais formas de vegetações naturais situadas ao longo dos rios ou cursos d'água. Como a areia natural é obtida, principalmente, através da extração em leito de rios, as licenças para exploração deste material têm sido suspensas, tornando a areia natural um material mais caro e escasso (SILVA *et. al.*, 2005; ALMEIDA E SILVA, 2005).

Uma alternativa à utilização da areia natural, seria a substituição deste material pela areia de britagem. A norma brasileira NBR 9935 (2005) designa areia de britagem como material pétreo, proveniente de processos de cominuição mecânica de rocha, submetido ou não a algum processo de classificação para a retirada dos pulverulentos – dimensões inferiores a 75 μm – com granulometria entre 4,75 mm e 150 μm .

A areia de britagem é obtida através da rebritagem de rochas, em um britador VSI, sendo o pedrisco – dimensões entre 12,5 mm e 4,75 mm, segundo a NBR 9935 (2005) – mais comumente utilizado, pois este material é encontrado em quantidades significativas nos pátios de pedreiras, sendo gerado durante a produção da brita. O acúmulo do pedrisco nos pátios de produção de agregados ocorre, pois este material é pouco utilizado na construção civil, de modo que este acúmulo vem se tornando um problema de logística de grande importância para as pedreiras, assim como um problema ambiental (CHAVES, 2005).

Observa-se, então, que a substituição da areia natural pela areia de britagem em concretos e argamassas, resulta em benefícios ao meio ambiente. Isto ocorre através da minimização do uso da areia natural, não sendo necessária sua extração, assim como pelo destino dado ao pedrisco, que deixa de ser um material depositado nos pátios das pedreiras, sujeito à ação do vento, e considerado um resíduo do processo de produção da brita. No que concerne aos custos do agregado miúdo, a proximidade entre as pedreiras e os centros de consumo permite que a areia de britagem tenha um custo inferior ao da areia natural. Esta relação de custo favorece, ainda, a areia de britagem, pois esta não sofre restrições tão severas, por parte dos órgãos de fiscalização ambiental, quanto às aplicadas à areia natural.

A aplicação da areia de britagem, porém, irá produzir efeitos nos concretos e argamassas diferentes dos produzidos pela areia natural, em especial nas propriedades no estado fresco, como diminuição da plasticidade e aumento na demanda de água. Isso ocorre, pois a britagem, em geral, confere ao material uma maior porcentagem de material pulverulento – dimensões inferiores a 75 μm . A textura e a forma dos grãos é outro fator que pode colaborar para a modificação das características dos concretos e argamassas no estado fresco (ALMEIDA, 2005).

2 OBJETIVO

Avaliar a substituição da areia natural pela areia de britagem na produção de argamassas auto-adensáveis – através da verificação por meio de ensaios reduzidos de slump flow e funil em V, descritos por OKAMURA e OUCHI (2003). O estudo da auto-adensabilidade das argamassas visa a posterior utilização destas em CAA.

3 MÉTODO

3.1 Seleção da Areia de Britagem

Para a escolha da areia de britagem mais adequada à realização da pesquisa, foram analisadas areias de britagem de quatro pedreiras distintas, da região de Londrina/PR. Os resultados obtidos nos ensaios realizados para cada uma dessas areias foram comparados com os da areia natural.

Primeiramente, realizou-se o ensaio de análise granulométrica das areias, de acordo com a norma NBR NM 248/2003. Neste ensaio foi possível observar a distribuição dos grãos, assim como as porcentagens de fíler e material pulverulento presente em cada uma das areias.

Procedeu-se, então, a confecção de argamassas com cada uma das areias estudadas, para a realização do ensaio de slump flow, descrito por OKAMURA e OUCHI (2003). O propósito da realização deste ensaio consiste em verificar a capacidade de fluir de cada uma das argamassas, sendo este aspecto influenciado pela areia utilizada, devido a fatores como distribuição granulométrica, teor de fíler e material pulverulento ou forma das partículas.

3.2 Estudo em Argamassas

Os materiais utilizados na produção das argamassas foram:

- Cimento Portland, do tipo CP V ARI RS;
- Cinza volante;
- Areia natural grossa;
- Areia natural média;
- Areia de britagem, sendo esta proveniente de basalto de superfície;
- Aditivo superplasticante, à base de policarboxilatos de última geração;
- Água potável.

O estudo em argamassa teve início com a utilização da areia natural grossa como agregado miúdo, buscando a produção de uma argamassa auto-adensável, de modo que ao serem obtidos os parâmetros necessários à argamassa com a areia natural, estes necessitariam pequenas correções quando substituída esta areia pela areia de britagem.

Para a dosagem das argamassas, considerou-se que futuramente estas argamassas seriam utilizadas em concreto, de modo que foram definidas desde já as porcentagens, em volume, dos componentes do concreto: pasta, areia e brita. No início do estudo, então, estabeleceu-se 28% de pasta, 34% de areia, 35% de brita e, 3 % de ar incorporado no concreto.

Produziu-se, então, a argamassa de referência, utilizando-se uma relação água/cimento de 0,45 e 20% de cinza volante, em relação à massa de cimento, e em substituição a este material. O aditivo superplasticante foi dosado segundo seu teor de sólidos em 0,3% em relação à massa de cimento, sendo assim estabelecido através de ensaio de determinação do ponto de saturação, pelo uso do cone de Marsh. Foram, então, realizados ensaios reduzidos de slump flow e funil em V, para argamassas, conforme descrito por OKAMURA e OUCHI (2003).

À medida que os resultados eram obtidos, procedia-se à correção de parâmetros necessários para melhora da auto-adensabilidade da argamassa. Repetiu-se esse procedimento até a obtenção de uma argamassa cujos resultados apresentados fossem enquadrados dentro dos limites pré-estabelecidos, apresentados na tabela 1, sendo satisfatórios à auto-adensabilidade.

Tabela 1 - Limites fixados para os ensaios de slump flow e funil em V, para argamassas.

De acordo com:	Espalhamento (mm)	Funil em V - tempo (s)
Domone (2006)	230 a 340*	1,5 a 17*
Repette-Melo (2005)	200 a 280	3,5 a 10
	250 a 280**	5 a 10**

* equações propostas pelo autor são válidas para esse intervalo de valores

** correção da adição previamente estabelecida

Depois de atingidos os parâmetros buscados na argamassa com areia natural grossa confeccionaram-se outra argamassa, sendo a areia natural substituída por areia de britagem. Foram produzidas, também, argamassas com porcentagens combinadas de areia de britagem e areia natural média – para correção granulométrica, sendo estas 10-90%, 20-80%, 30-70%, 40-60% e 50-50%.

Em argamassas convencionais, busca-se sempre a abertura de 250 mm no ensaio de índice de consistência, sendo este valor considerado o de consistência normal de argamassas. Durante os ensaios de espalhamento realizados nesta pesquisa, verificou-se, então, o tempo gasto pela argamassa para atingir o diâmetro de 250 mm. Diferentemente de argamassas convencionais, porém, o tempo em questão é menor, não sendo aplicados golpes à mesa de consistência.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Seleção da Areia de Britagem

Os resultados de análise da composição granulométrica para as areias de britagem estudadas, e teor de material pulverulento – passante na peneira 75 μm – são apresentados na figura 1 e na tabela 2, respectivamente.

Os resultados obtidos no ensaio de slump flow estão apresentados nas figuras 2 e 3.

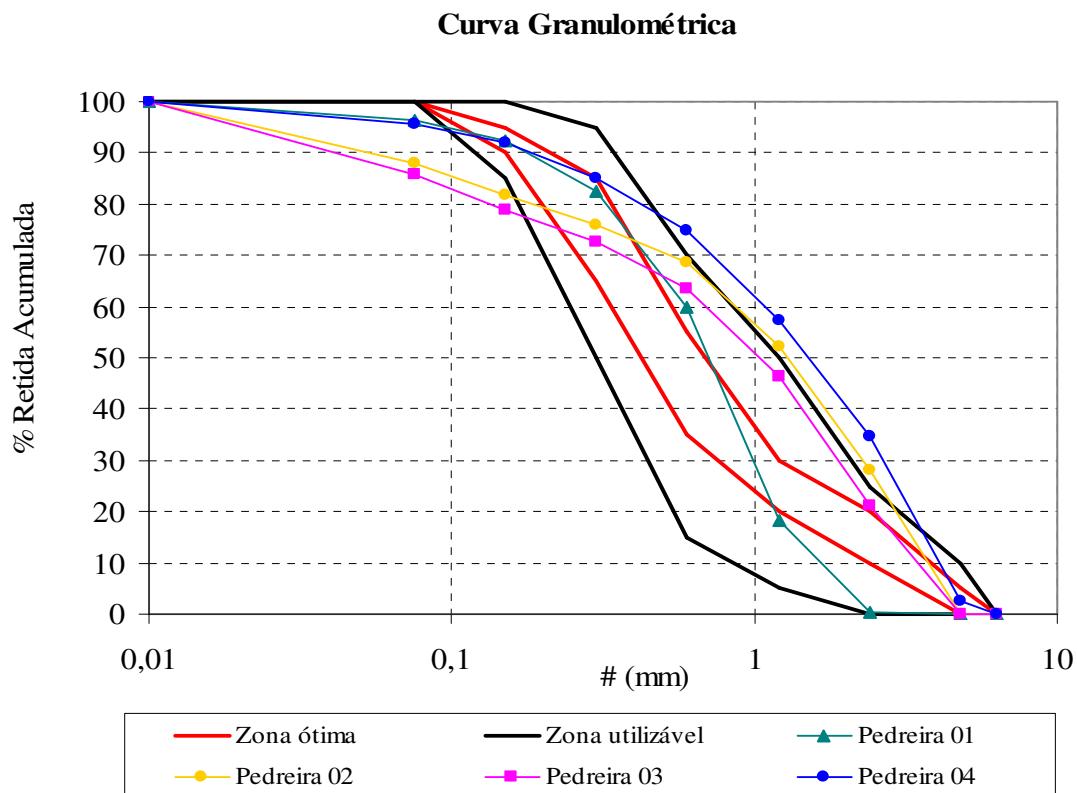


Figura 1 – Curva granulométrica das areias de quatro pedreiras de região de Londrina/PR.

Tabela 2 - Teor de material pulverulento das areias de britagem.

Areia	Pedreira 01	Pedreira 02	Pedreira 03	Pedreira 04
Teor de material pulverulento (%)	3,57	13,41	14,24	4,20

A figura 1 mostra que nenhuma das areias de britagem apresenta curva granulométrica localizada inteiramente na zona considerada ótima pela norma NBR 7211/2005. A análise da tabela 1 permite

observar uma quantidade elevada de material pulverulento – passante na peneira 75 μm – presente nas areias provenientes das pedreiras 02 e 03, o que faz com que a curva granulométrica dessas areias encontre-se fora da zona utilizável nas frações mais finas.

As areias provenientes das pedreiras 01 e 04 apresentam teor de material pulverulento superior ao limite de 3%, para concreto submetido a desgaste superficial, porém, inferior ao limite de 5%, para concreto protegido do desgaste superficial, conforme estabelecido pela norma NBR 7211/2005. Essa mesma norma, no entanto, permite a alteração desses limites de 3% para 10%, e de 5% para 12%, se comprovado, por análise petrográfica, que os grãos constituintes não interferem nas propriedades do concreto, estando livres, por exemplo, de materiais micáceos, ferruginosos e argilo-minerais expansivos.

Espalhamento de argamassas

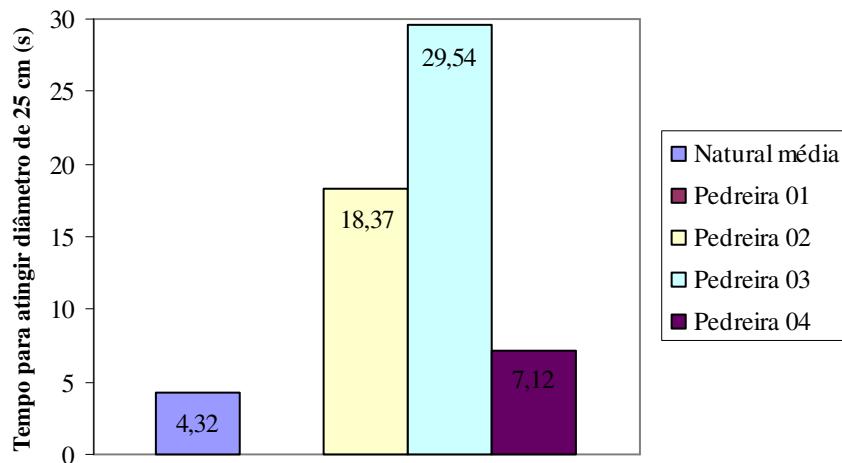


Figura 2 – Resultados de espalhamento das argamassas – tempo para atingir o diâmetro de 25 cm.

Espalhamento de argamassas

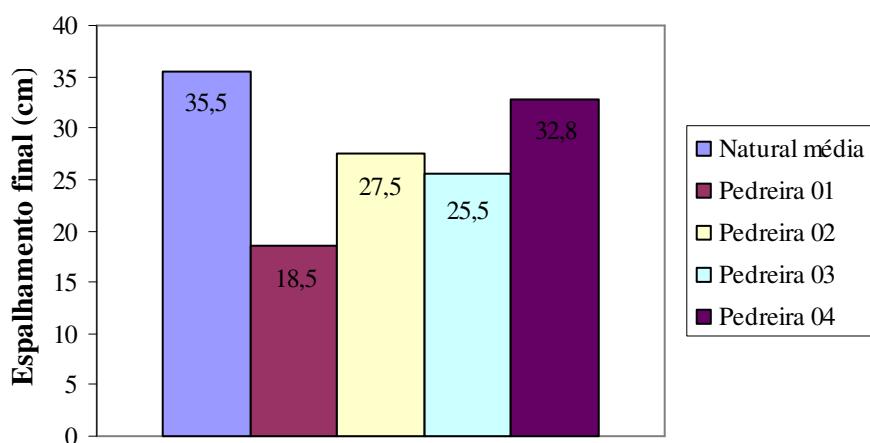


Figura 3 – Resultados de espalhamento de argamassas – espalhamento final.

A análise das figuras 2 e 3, nos permite verificar que a argamassa que atingiu o diâmetro de espalhamento de 25 cm em menor tempo, assim como obteve o maior espalhamento final, foi produzida com areia natural. Isso ocorreu, pois as partículas que compõem a areia natural estão já hidratadas e oxidadas, pelo fato de estarem expostas a processos de intemperismo. O que não ocorre com as partículas constituintes da areia de britagem, que apresentam partículas angulosas e superfícies frescas, recém-criadas pela britagem, fazendo com que as argamassas produzidas com essas areias apresentem diminuição de plasticidade.

Dentre as areias de britagem verificaram-se um melhor desempenho da areia proveniente da pedreira 04 em ambas as situações avaliadas. A avaliação visual das areias de britagem permitiu verificar que a forma das partículas é variada, sendo que a areia proveniente da pedreira 04 apresenta forma mais arredondada do que as demais areias, cuja forma é mais próxima do lamelar. Este fato era esperado, devido à utilização de britador do tipo VSI – vertical shaft impactors – pela pedreira 04, pois este tipo de britador, em geral, produz partículas de agregado mais arredondadas. Acredita-se, então, que o arredondamento das partículas pode ter contribuído decisivamente nos resultados obtidos, permitindo uma maior plasticidade da argamassa.

Dessa forma, selecionou-se a areia de britagem proveniente da pedreira 04 para o desenvolvimento da pesquisa.

4.2 Estudo em Argamassa

Os resultados de slump flow e funil em V para a argamassa produzida com a areia natural grossa, referente às porcentagens inicialmente estabelecidas – tentativa 01 – são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Resultados de slump flow e funil em V para a argamassa inicial, com areia natural grossa.

Tentativa	Componentes conc., em volume					Parâmetros			Slump Flow		Funil em V
	% Pasta	% Areia	% Brita	% Ar	Σ	a/c	% SP	% CV	T25 (s)	Dfinal (mm)	
01	28	34	35	3	100	0,45	0,3	20	-	175	não realizado
										170	

É possível observar pela tabela 3 que a argamassa inicialmente ensaiada não se apresentou auto-adensável, uma vez que não atingiu os parâmetros mínimos de fluidez no ensaio de slump flow. A consistência inadequada não permitiu a realização do ensaio de funil em V.

Dessa forma, foram necessários ajustes nas porcentagens dos materiais componentes do concreto, assim como nos parâmetros adotados, para a produção de outra argamassa, que seria novamente ensaiada pelo slump flow e funil em V. Repetiu-se esse procedimento até a obtenção de uma argamassa cujos resultados apresentados fossem enquadrados dentro dos limites pré-estabelecidos, sendo satisfatórios à auto-adensabilidade. Para isso, foram necessárias seis tentativas, utilizando a areia natural, estando os resultados dos ensaios destas argamassas apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Resultados de slump flow e funil em V para as argamassas com areia natural grossa.

Tentativa	Componentes conc., em volume					Parâmetros			Slump Flow		Funil em V
	% Pasta	% Areia	% Brita	% Ar	Σ	a/c	% SP	% CV	T25 (s)	Dfinal (mm)	
02	30	32	35	3	100	0,45	0,3	25	-	200	15,70
										205	
03	30	32	35	3	100	0,47	0,3	25	-	240	9,41
										240	
04	30	32	35	3	100	0,48	0,3	25	20,12	260	7,92
										245	
05	31	32	34	3	100	0,47	0,3	25	12,84	260	8,42
										265	
06	31	32	34	3	100	0,47	0,4	25	8,21	270	8,69
										275	

Diante dos resultados apresentados na tentativa 01, viu-se a necessidade em se aumentar o teor de pasta da mistura, pois o aumento da relação água/cimento, apenas, não seria suficiente para produzir a fluidez e a viscosidade requeridas. Desse modo, na tentativa 02 utilizou-se um teor de 30% de pasta, diminuindo-se em 2% o volume de areia. Aumentou-se, ainda a porcentagem de cinza volante incorporada à mistura, de 20 para 25% em relação à massa de cimento, e em substituição a este material, de modo a buscar diminuir o consumo de cimento no concreto, que aumentará com o aumento no teor de pasta. Ainda nesta situação os resultados apresentados pela argamassa não foram satisfatórios, estando fora dos limites estabelecidos por DOMONE (2006), não atingindo os 250 mm, no ensaio de slump flow, e fora dos limites estabelecidos por MELLO (2005), no ensaio de funil em V.

Procedeu-se, então, à tentativa 03, onde foram mantidos o volume incorporado de cinza volante e as porcentagens dos componentes do concreto, em volume. Aumentou-se, nessa situação, a relação água/cimento de 0,45 para 0,47, buscando maior fluidez da pasta. Essa mudança é favorável ao consumo de cimento no concreto, que diminuiu, porém, apesar de os resultados apresentados estarem dentro dos limites estabelecidos, estes se encontram nos extremos desses limites – em especial o do ensaio com o funil em V – de modo que se acredita ser mais adequada a obtenção de resultados que se posicionem mais ao centro dos limites estabelecidos. Além disso, não foi atingido o valor de 250 mm, no ensaio de slump flow.

Em seguida, analisaram-se duas opções, a primeira – tentativa 04 – seria aumentar novamente a relação água/cimento de 0,47 para 0,48, mantendo os demais parâmetros constantes. Apesar de não se considerar essa solução a mais adequada – pois se acredita que a presença do aditivo superplasticificante não se justifica em misturas com relações água/cimento muito elevadas – o teste foi realizado. Teve-se uma diminuição no consumo de cimento no concreto, assim como uma pequena melhora nos resultados. Verificou-se que o espalhamento da argamassa no ensaio de slump flow se mostrou levemente irregular.

A segunda opção – tentativa 05 – seria aumentar novamente o teor de pasta da mistura, de 30 para 31%, diminuindo em 1% o volume de brita, mantendo os demais parâmetros constantes. Observou-se, como na tentativa 04, uma pequena melhora nos resultados. Quando comparadas as duas opções, verifica-se que o tempo para que a argamassa atinja os 250 mm é maior na tentativa 04, porém, na tentativa 05 se tem um maior consumo de cimento no concreto.

Optou-se, então, por manter a relação água/cimento de 0,47, considerando-se adequados os resultados obtidos na tentativa 05. Entretanto, durante a realização do ensaio de ponto de saturação do aditivo superplasticificante, foi verificado que este ponto de saturação encontra-se entre 0,3 e 0,4%, de modo que uma última tentativa foi realizada – tentativa 06 – onde se aumentou a porcentagem do aditivo utilizado, de 0,3 para 0,4%. Obteve-se uma pequena melhora nos resultados obtidos no ensaio de slump flow, quando comparados à tentativa 05. O ensaio de funil em V apresentou constância, não sendo considerado significativo o aumento observado.

Estando definidos os volumes de materiais e os parâmetros a serem adotados para a obtenção de uma argamassa auto-adensável, utilizando a areia natural, passou-se à substituição desta areia pela areia de britagem. Primeiramente, fez-se a substituição considerando os volumes e parâmetros estabelecidos na tentativa 05, e em seguida, na tentativa 06. Em nenhuma das situações, porém, foram obtidas argamassas fluídas, não sendo possível a realização dos ensaios. Esse fato deve-se, provavelmente, às falhas observadas na granulometria da areia de britagem, estando algumas frações fora da zona considerada utilizável pela norma NBR 7211/2005. Além disso, as partículas dessas areias são, em geral, angulosas e apresentam superfícies frescas, recém-criadas pela britagem; não sendo hidratadas ou oxidadas como as superfícies das partículas da areias naturais, já expostas aos processos de intemperismo, o que contribui também para a diminuição da plasticidade.

Passou-se, então à substituição de parte da areia de britagem por areia natural média, buscando-se compensar a deficiência granulométrica existente na areia de britagem. Foram adotados teores de 10-90%, 20-80%, 30-70%, 40-60% e 50-50% de areia natural e areia de britagem, respectivamente.

Os volumes de materiais e parâmetros considerados, para as argamassas produzidas com a areia de britagem e com ambos os tipos de areia são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Resultados de slump flow e funil em V para as argamassas com areia de britagem e com combinação de areia natural e de britagem.

Tentativa	Componentes conc., em volume					Parâmetros			Slump Flow		Funil em V
	% Pasta	% Areia	% Brita	% Ar	Σ	a/c	% SP	% CV	T25 (s)	Dfinal (mm)	
100% Brit 01	31	32	34	3	100	0,47	0,3	25	-	-	-
100% Brit 02	31	32	34	3	100	0,47	0,4	25	-	-	
10%Nat 90%Brit	31	32	34	3	100	0,47	0,4	25	9,18	230 250	12,15
20%Nat 80%Brit	31	32	34	3	100	0,47	0,4	25	6,44	265 265	
30%Nat 70%Brit	31	32	34	3	100	0,47	0,4	25	5,91	270 275	8,06
40%Nat 60%Brit	31	32	34	3	100	0,47	0,4	25	6,23	285 290	
50%Nat 50%Brit	31	32	34	3	100	0,47	0,4	25	6,34	300 300	7,26

Conforme já comentado, observa-se pela tabela 5 que as argamassas produzidas somente com a areia de britagem não apresentaram resultados, pois ficaram muito secas, impossibilitando os ensaios. Verifica-se, também, que ao se adicionar areia natural à argamassa, esta passa a ser mais fluída, sendo a fluidez melhorada conforme se adiciona maior quantidade de areia natural à mistura. Assim, a argamassa composta por 50% de areia natural é a que apresenta resultados que indicam maior fluidez, e a argamassa composta por apenas 10% de areia natural é a que apresenta indicações de menor fluidez.

Foi realizado o ensaio de análise granulométrica das composições de areia utilizadas na produção das argamassas, com o objetivo de verificar a correção das falhas observadas na areia de britagem – grãos de dimensão 0,6 e 0,3 mm. A curva granulométrica obtida é apresentada na figura 4.

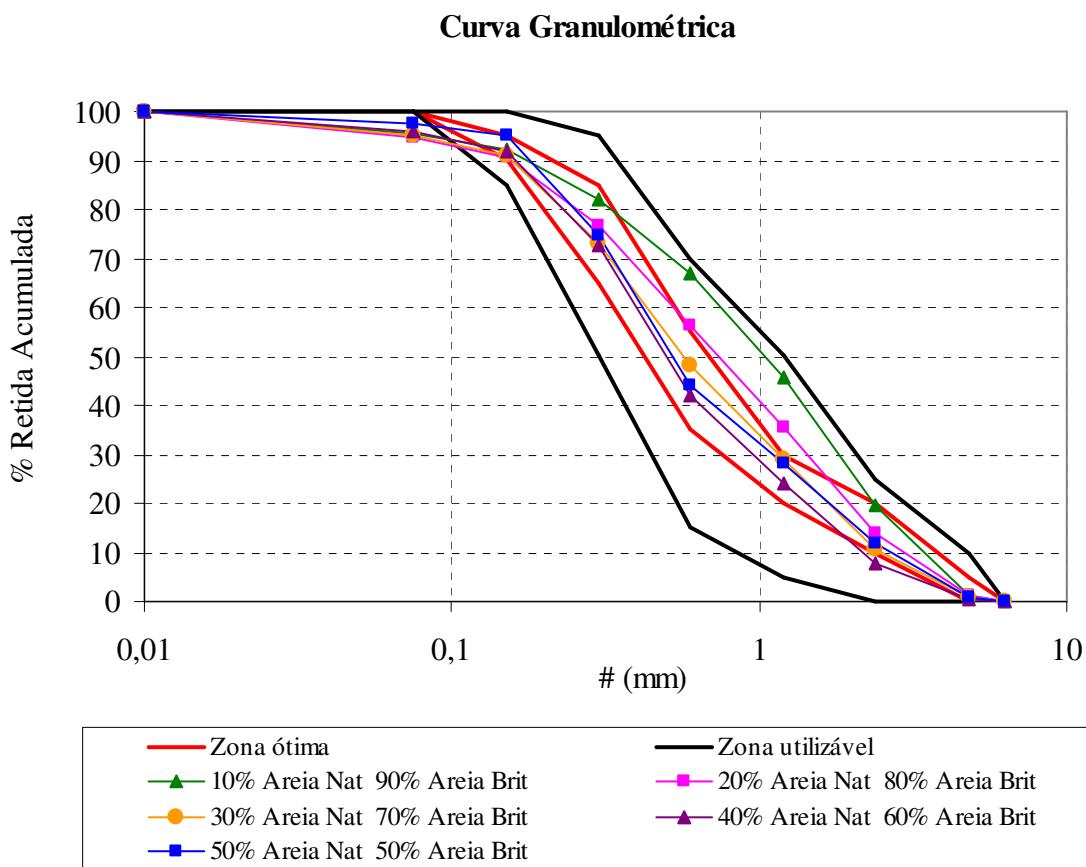


Figura 4 – Curva granulométrica das composições de areia natural e areia de britagem.

Analizando a figura 4 é possível verificar que a correção granulométrica da areia de britagem foi ocorrendo conforme se substituiu parte desta por areia natural. A adição de porcentagens de 10 e 20% não foi suficiente para fazer com que a curva se posicionasse dentro da zona considerada ótima pela norma NBR 7211/2005, porém, trouxe estas curvas para a zona utilizável. Já as porcentagens de 30 a 50% permitiram às areias apresentar uma granulometria contínua, cuja curva está posicionada dentro da zona ótima.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do apresentado, verificou-se que:

- A substituição total da areia natural pela areia de britagem não é possível para a produção de argamassas auto-adensáveis, para os materiais utilizados nesta pesquisa;
- A correção granulométrica da areia de britagem, através da adição de areia natural, possibilitou o ajuste da curva granulométrica deste agregado, fazendo com que esta se posicionasse dentro dos limites estabelecidos pela NBR 7211/2005;
- Para as composições de agregados estudadas, a combinação de 30/70% de areia natural e britagem, respectivamente, apresentaram melhores resultados de desempenho para argamassas. As composições 40/60% e 50/50% apresentaram-se muito fluidas, extrapolando o limite superior estabelecido no ensaio de slump flow.

6 REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9935: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. 2003.
- _____. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificações. Rio de Janeiro, 2005.
- ALMEIDA, I. R. Concretos dosados em central, com areia 100% artificial. In: Anais do II SUFFIB – SEMINÁRIO: O uso da fração fina da britagem. São Paulo, 2005.
- ALMEIDA, S. L. M. SILVA, V. S. Areia artificial: uma alternativa econômica e ambiental para o mercado nacional de agregados. In: Anais do II SUFFIB – SEMINÁRIO: O uso da fração fina da britagem. São Paulo, 2005.
- CHAVES, A. P. Estado da arte da produção de areia de britagem. In: Anais do II SUFFIB – SEMINÁRIO: O uso da fração fina da britagem. São Paulo, 2005.
- DOMONE, P. Mortar tests for self-consolidating concrete. Concrete International. Abril, 2006. pp. 39-45.
- MELO, K. A. Contribuição à dosagem de concreto auto-adensável com adição de fíler calcário. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. 2005.
- SILVA, N. G. BUEST, G. CAMPITELI, V. C. Argamassas com areia britada: influência dos finos e da forma das partículas. In: VI Simpósio Brasileiro de Argamassas, I International Symposium on Mortars Technology. Florianópolis, 2005.
- OKAMURA, H. OUCHI, M. Self-compacting concrete. Journal of Advanced Concrete Technology, Vol. 1, Nº 1. Abril, 2003. pp. 5-15.
- REPETTE, W. L. Concreto de última geração: presente e futuro. Concreto: Ensino, Pesquisa e realização. Edição G.C. Isaia. São Paulo: Ibracon, 2005. V2, pp. 1509-1550.