

Engenharia Civil

Efeito da utilização de areia de britagem em concretos de cimento Portland

(Effect of using crushed sand in portland cement concrete)

Resumo

A utilização de areia de britagem (areia artificial) para a produção de concretos de cimento Portland pode ser uma alternativa, tendo em vista o elevado custo de areias naturais em algumas regiões do Estado do Rio Grande do Sul, além dos danos ambientais que sua exploração por dragagem pode ocasionar. O presente trabalho apresenta um estudo sobre a viabilidade da utilização de areia proveniente da britagem de rocha basáltica da região do planalto médio, no Estado do Rio Grande do Sul, em substituição à areia natural quartzosa. Foram realizados ensaios de resistência à compressão e absorção de água em concretos produzidos com diferentes traços e diferentes porcentagens de areia de britagem (0%, 30%, 60% e 100%). Os resultados obtidos evidenciaram redução da resistência à compressão e aumento da absorção de água à medida que se aumenta o teor de areia artificial, em função da maior demanda de água. No entanto, para um mesmo nível de resistência, foi constatada a viabilidade da areia de britagem. Concretos com relações água/cimento fixadas em 0,55 e 0,60 apresentaram melhor resultado com 60% de areia de britagem e concretos com relação água/cimento fixada em 0,65 apresentaram melhor resultado com 100% de areia de britagem.

Palavras-chave: Areia de britagem, concreto, agregado miúdo.

Cristina Drago

MSc. Engenheira Civil
E-mail: cristinadrago@ig.com.br

José Carlos Krause de Verney

Professor, Dr. Eng., Programa de Pós-Graduação em Engenharia: Energia, Ambiente e Materiais
PPGEAM/ULBRA, Canoas/RS
E-mail: jcverney@ulbra.br

Fernanda Macedo Pereira

Professora, Dra. Eng., Programa de Pós-Graduação em Engenharia: Energia, Ambiente e Materiais
PPGEAM/ULBRA, Canoas/RS
E-mail: fernanda.pereira@ulbra.br

Abstract

The use of crushed sand (artificial sand) for the production of Portland cement concrete can be an alternative, considering the high cost of natural sand in some regions of the State of the Rio Grande do Sul and the environment damages that its exploration can cause. This work presents a study on the viability of sand use from basaltic rock crushing, from the region of the medium plateau in the State of the Rio Grande do Sul, replacing natural quartz sand. Compressive strength and water absorption tests has been carried out in concretes produced with different mix proportioning and different crushed sand content (0%, 30%, 60% and 100%). The result has showed a reduction in the compressive strength and an increase in water absorption with the increase of artificial sand content, considering the greater amount of water required. At a same level of strength, the use of crushed sand has shown good results. Concrete with water/cement ratios of 0.55 and 0.60 with a crushed sand content of 60% and concrete with a water/cement ratio 0,65 with crushed content of 100% have presented favorable results for compressive strength.

Keywords: Crushed sand, concrete, fine aggregate.

1. Introdução

A preocupação com os problemas ambientais é de âmbito mundial, existindo já inúmeras organizações em diversas partes do mundo voltadas para a preservação ambiental. Nosso planeta está sendo agredido de diversas formas. Sua temperatura se eleva, a população aumenta, as erosões progridem, a água, o ar e o solo tornam-se, a cada dia, mais poluídos, afetando o ecossistema.

O concreto de cimento Portland é o material de construção mais utilizado na construção civil, sendo a areia natural a principal fonte de agregados miúdos para a sua produção (Mehta & Monteiro, 2008).

A extração da areia natural em rios chega a aproximadamente 320 milhões de m³ por ano, volume suficiente para construir 7.100 estádios como o do Maracanã (Kuck, 2004).

A retirada de areia dos rios para usos na construção civil agride a calha natural, provocando a erosão nas margens dos mesmos, devido ao aumento de vazão da água, o que resulta na alteração do equilíbrio hidrológico, diminui a pressão sobre os lençóis de água subterrâneos, destrói as áreas de várzeas, elimina espécies vegetais que fornecem alimento à fauna e causa a perda de refúgios e locais de procriação, utilizados por aves e pequenos mamíferos. Vale lembrar que, em alguns casos, é até mesmo necessário que se retire areia dos leitos dos rios para evitar o assoreamento dos mesmos, mas isto só ocorre quando a sua margem já foi depredada e a mata ciliar já foi devastada (CETEM, 2004).

Em determinadas regiões do país, além das restrições ambientais à exploração do produto e ao alto custo da areia natural, existem dificuldades em se obter areia natural de boa qualidade, o que justifica a busca por soluções tecnológicas alternativas. A dificuldade de obtenção de areia natural de qualidade e à proibição da sua retirada em algumas áreas geram a necessidade de extração da areia em locais distantes dos principais centros de consumo, elevando gastos com

transporte, que correspondem a cerca de 70% do custo final da areia (CETEM, 2004).

Nesse sentido, uma alternativa para a redução dos problemas associados à extração da areia natural e à disposição dos resíduos das pedreiras tem sido a produção de areia artificial a partir dos resíduos gerados no processo de britagem para a produção de brita (Neville, 1997). A areia obtida a partir da britagem de rochas, apesar de ainda restrita no Brasil, apresenta considerável potencial de crescimento. Esses fatos justificam e incentivam o desenvolvimento de estudos que verifiquem a viabilidade do emprego de areia de britagem na produção de concreto.

Esse material, conhecido como agregado miúdo de pedra britada, pó-de-pedra, areia artificial ou areia de britagem é considerado de difícil utilização em obras correntes, mas tem sido intensivamente utilizado pelas indústrias fornecedoras de argamassas industrializadas e dosadas em central. Além disso, a comunidade científica (Bastos, 2002; Almeida & Pereira, 2004; Lodi & Prudêncio Junior, 2006; Buest, 2006; Pereira, 2008; entre outros) tem desenvolvido uma série de estudos que visam a avaliar o uso da areia de britagem em concretos e argamassas, em substituição completa ou parcial da areia natural, e a identificar eventuais características dos agregados, de natureza física e ou química, que possam prejudicar as propriedades mecânicas e a durabilidade do concreto.

Conforme coloca Bastos (2002), a areia artificial de origem basáltica é constituída por grãos angulosos, com textura superficial mais áspera e com maior teor de finos, o que favorece a obtenção de concretos menos trabalháveis, que exigem uma maior demanda de água. Conforme a autora, esse problema pode ser amenizado consideravelmente com o simples controle da percentagem dos elementos finos da areia artificial britada.

Salienta-se que, apesar do uso da areia de britagem ser considerado recente, já era utilizada no século XIX (Nugent, 1979). Nugent (1979) cita, ain-

da, o reconhecimento pleno do uso da areia de britagem como agregado miúdo na América do Norte, existindo nos Estados Unidos uma entidade que trata dos aspectos técnicos relacionados ao uso da areia de britagem, a "Associação Nacional de Pedra Britada". No Canadá, como também em Israel, obras de grande vulto, como barragens, utilizam areia artificial com excelentes resultados.

Um fato limitador ao emprego disseminado da areia de britagem (areia artificial) pode ser sua quantidade de finos, o que justifica seu uso ainda reduzido em diversas regiões do Brasil. A ABNT NBR 7211 (2005) admite o seu uso, visto que define agregado miúdo como "areia natural quartzosa ou areia artificial resultante da britagem de rochas estáveis, de diâmetro máximo igual ou inferior a 4,75mm".

Lodi e Prudêncio Junior (2006) colocam que, historicamente, a areia de rocha, era um material pouco desejável devido à sua elevada aspereza e pela ocorrência de silte e argila, presença esta que prejudica a aderência entre o agregado e a pasta de cimento, elevando a demanda de água de trabalhabilidade dos concretos e o atrito interno das partículas sólidas da mistura. Como consequência, os autores salientam que ocorre um elevado consumo de cimento nos concretos, para se atingir um mesmo nível de resistência à compressão, quando se utiliza areia de britagem em substituição à natural. Os mesmos autores chamam a atenção pelo fato de o concreto resultante poder ser um material de custo mais elevado e mais áspero, mais difícil de ser trabalhado na obra ou ao ser bombeado, o que pode ser combatido com o uso de aditivos plastificantes.

No presente trabalho, foi analisada a viabilidade técnica do uso da areia basáltica em substituição parcial, nas proporções de 30, 60%, e total (100%) à areia convencional de rio, para produção de concretos utilizados na construção civil, mediante uma caracterização física e química dos resíduos de britagem e da determinação da resistência à compressão e da absorção de água.

2. Materiais e métodos

2.1 Materiais

2.1.1 Cimento

Foi utilizado como aglomerante o cimento Portland CPIV-32, com características em conformidade com a ABNT NBR 5736 (1991), por ser o tipo mais utilizado em obras correntes no Estado do Rio Grande do Sul.

2.1.2 Agregados

Os agregados utilizados para a produção dos concretos são descritos a seguir:

- **Areia natural:** foi utilizada areia quartzosa de graduação média, isenta de matéria orgânica, proveniente do leito do rio Jacuí, na região de Porto Alegre/RS. A Tabela 1 apresenta as características da areia natural.
- **Areia de britagem:** o material utilizado no experimento foi uma areia proveniente de pedra basáltica cujo local de extração está localizado no planalto médio, em Passo Fundo/RS. Observa-se que não foi realizado nenhum tipo de beneficiamento na areia, a qual foi utilizada com o material pulverulento original. A Tabela 2 apresenta as características da areia de britagem.

A Figura 1 apresenta as curvas granulométricas dos agregados miúdos (areia natural e areia de britagem) utilizados no trabalho.

A caracterização mineralógica da areia de britagem foi realizada por difração de raios X, com um difratômetro marca Rigaku, modelo D/Max-2100.

A Figura 2 mostra o difratograma obtido onde se verificam os picos difratados, o que permitiu a identificação das fases constituintes do material. O resultado da análise qualitativa e quantitativa gerada no ensaio indicou para a areia estudada a composição relativa de 66,8% augita - $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Si}_2\text{O}_6$; 18,6% microclínio - KAlSi_3O_8 e 14,6% quartzo - SiO_2 . O resultado é compatível com a mine-

Tabela 1 - Características físicas da areia natural.

Composição granulométrica – ABNT NBR NM 248 (2003)		
Peneira	% Retida	% Retida acumulada
4,75mm	0	0
2,36mm	4	4
1,18mm	11	15
600µm	21	36
300µm	42	78
150µm	21	99
<150µm	1	100
Módulo de Finura		2,32
Dimensão máxima característica		2,36mm
Massa específica - ABNT NBR NM 52 (2002)		2,63 kg/dm ³
Massa unitária - ABNT NMR 7251 (1982)		1,45 kg/dm ³
Material fino que passa na peneira 75µm - ABNT NBR NM 46 (2003)		0,80%

Tabela 2 - Características físicas da areia de britagem.

Composição granulométrica – ABNT NBR NM 248 (2003)		
Peneira	% Retida	% Retida acumulada
4,75mm	0	0
2,36mm	3	3
1,18mm	32	35
600µm	22	57
300µm	14	71
150µm	16	87
<150µm	13	100
Módulo de Finura		2,53
Dimensão máxima característica		2,36mm
Massa específica - ABNT NBR NM 52 (2002)		2,80 kg/dm ³
Massa unitária - ABNT NMR 7251 (1982)		1,45 kg/dm ³
Material fino que passa na peneira 75µm - ABNT NBR NM 46 (2003)		15,80%

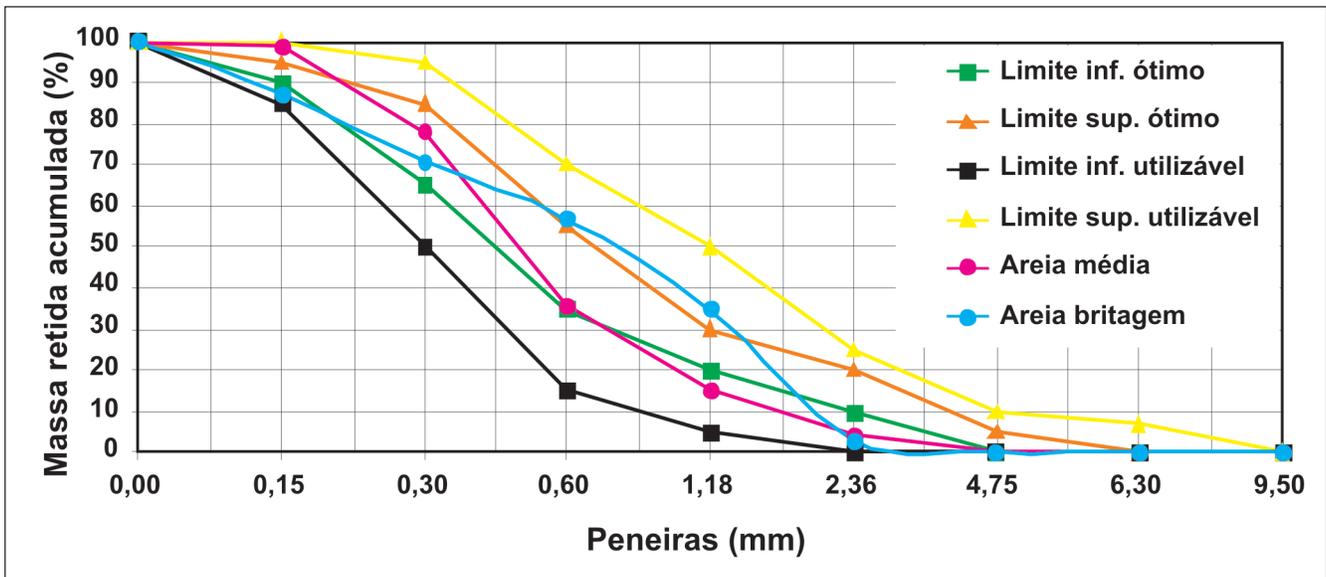


Figura 1 - Curvas granulométricas dos agregados miúdos.

ralogia de uma rocha basáltica (rocha ígnea vulcânica de composição básica) do Estado do Rio Grande do Sul. A presença do quartzo, por tratar-se de uma rocha básica, seria incompatível no basalto. Sua presença, entretanto, ocorre nos basaltos do Estado do Rio Grande do Sul devido a sua composição toleítica, com assimilação de material da crosta de composição mais ácida, que gerou os agregados intersticiais nos basaltos e, finalmente, os derrames mais ácidos do topo da formação da Serra Geral.

- **Brita:** como agregado graúdo foi usada brita de origem basáltica, com dimensão máxima característica de 19mm, comumente utilizada na produção de concretos no Estado do Rio Grande do Sul. A Tabela 3 apresenta as características da brita utilizada.
- **Água:** na produção dos concretos foi utilizada água potável proveniente da rede de abastecimento local - Canoas / RS.

2.2 Métodos

Para o desenvolvimento do programa experimental, os concretos foram dosados pelo método de dosagem IPT/EPUSP (Helene & Terzian, 1992), adotando-se os traços 1:3,5; 1:5,0 e 1:6,5, com teor de argamassa de 50% e porcenta-

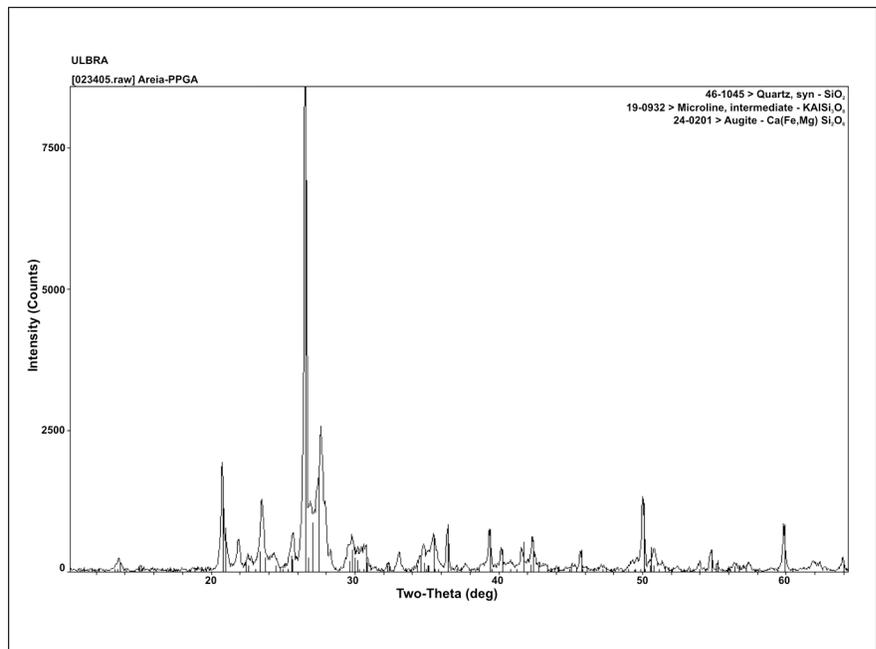


Figura 2 - Difratograma da amostra de areia de britagem.

gens de areia artificial de 0% (concreto de referência), 30%, 60% e 100%. O abatimento pelo tronco de cone foi fixado em 80 ± 10 mm. A Tabela 4 apresenta os traços utilizados no experimento.

As relações água/cimento dos traços experimentais foram determinadas a partir da quantidade de água necessária para a manutenção da faixa de abatimento estabelecida.

2.2.1 Avaliação da consistência do concreto

A verificação da consistência dos traços analisados foi realizada com o ensaio de abatimento pelo tronco de cone, de acordo com a ABNT NBR NM 67 (1998).

2.2.2 Moldagem dos corpos-de-prova

Foram moldados corpos-de-prova cilíndricos com dimensões nominais de 100mm de diâmetro e 200mm de altura, conforme a ABNT NBR 5738 (2003). Para o ensaio de resistência à compressão foram moldados seis corpos-de-prova por traço de concreto, sendo dois para cada idade de ensaio, totalizando 72 corpos-de-prova. Para o ensaio de absorção de água foram moldados três corpos-de-prova por traço, num total de 36 corpos-de-prova.

2.2.3 Determinação da resistência à compressão e determinação da absorção de água

O ensaio para determinação da resistência à compressão foi realizado de acordo com a ABNT NBR 5739 (1994), aos 3, 7 e 28 dias de idade. A absorção de água dos concretos analisados foi realizada de acordo com a ABNT NBR 9778 (2005), aos 28 dias de idade.

3. Resultados e discussão

3.1 Características físicas da areia de britagem

As características físicas determinadas para a areia de britagem, com exceção do teor de materiais finos que passam na peneira 75 μ m, ficaram dentro dos parâmetros necessários para que possa ser utilizada como agregado miúdo em concreto, segundo as recomendações da ABNT NBR 7211 (2006).

Em relação à composição granulométrica, conforme mostra a Figura 1, foi verificado que a areia de britagem utilizada encontra-se dentro dos limites considerados utilizáveis pela ABNT NBR 7211 (2006). No entanto, quanto à forma dos grãos da areia de britagem, foi possível observar, visualmente, a diferença em relação à areia natural quartzosa, a qual é menos irregular e mais arredonda-

Tabela 3 - Características físicas da brita.

Composição granulométrica – ABNT NBR NM 248 (2003)		
Peneira	% Retida	% Retida acumulada
19mm	5	5
12,5mm	38	43
9,5mm	32	75
6,3mm	22	97
4,75mm	2	99
2,36mm	1	100
1,18mm	0	100
600 μ m	0	100
300 μ m	0	100
150 μ m	0	100
<150 μ m	0	100
Módulo de Finura		6,79
Dimensão máxima característica		19mm
Massa específica - ABNT NBR NM 53 (2002)		2,80 kg/dm ³
Massa unitária - ABNT NMR 7251 (1982)		1,50 kg/dm ³
Material fino que passa na peneira 75 μ m - ABNT NBR NM 46 (2003)		0,50%

Tabela 4 - Traços utilizados para cada percentual de substituição.

Traço			% Areia natural	% Areia artificial	Relação a/c
A	A1		100	0	0,45
	A2	01:03,5	70	30	0,47
	A3	(1:1,25:2,25)	40	60	0,51
	A4		0	100	0,54
B	B1		100	0	0,55
	B2	01:05,0	70	30	0,58
	B3	(1:2,00:3,00)	40	60	0,62
	B4		0	100	0,67
C	C1		100	0	0,69
	C2	01:06,5	70	30	0,69
	C3	(1:2,75:3,75)	40	60	0,70
	C4		0	100	0,82

da. A forma do grão influencia na trabalhabilidade das misturas de concreto, onde grãos menos arredondados e mais irregulares demandam maior quantidade de água, além de conferirem à mistura um aspecto mais áspero.

3.2 Abatimento pelo tronco de cone

Os concretos foram confeccionados para uma consistência preestabelecida, com valores de abatimento na faixa de (80 ± 10) mm. Observou-se que, quanto maior o teor de areia de britagem adicionado à mistura, maior a quantidade de água necessária para a manutenção do abatimento dentro da faixa determinada. Esse fato é explicado pelo maior teor de finos da areia de britagem, em comparação à areia natural, e pela forma dos grãos, mais ásperos e angulosos.

Menossi (2004), ao estudar a utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural, verificou que concretos com areis de britagem exigiram uma maior quantidade para obtenção de um mesmo abatimento. Buest (2006) analisou a substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos britados em concretos e argamassas, constatando maior demanda de água nas misturas com agregado britado.

3.3 Resistência à compressão

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão estão apresentados nas Figuras 3, 4 e 5, para os traços A, B e C, respectivamente.

Observou-se, tanto para o traço A, como para os traços B e C, que a resistência do concreto aumenta com as idades de 3, 7 e 28 dias, conforme o esperado.

Em relação à substituição da areia natural pela artificial, para o traço A (1:1,25:2,25), a resistência diminui à medida que a porcentagem de areia artificial aumenta (Figura 3). A substituição de 30%, 60% e 100% de areia natural por areia de britagem acarretou uma redu-

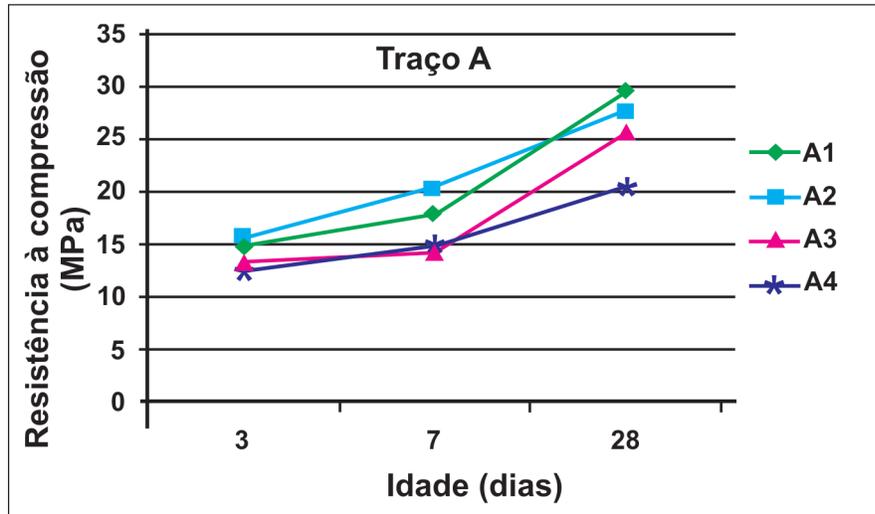


Figura 3 - Resistência à compressão: traço A (1:1,25:2,25).

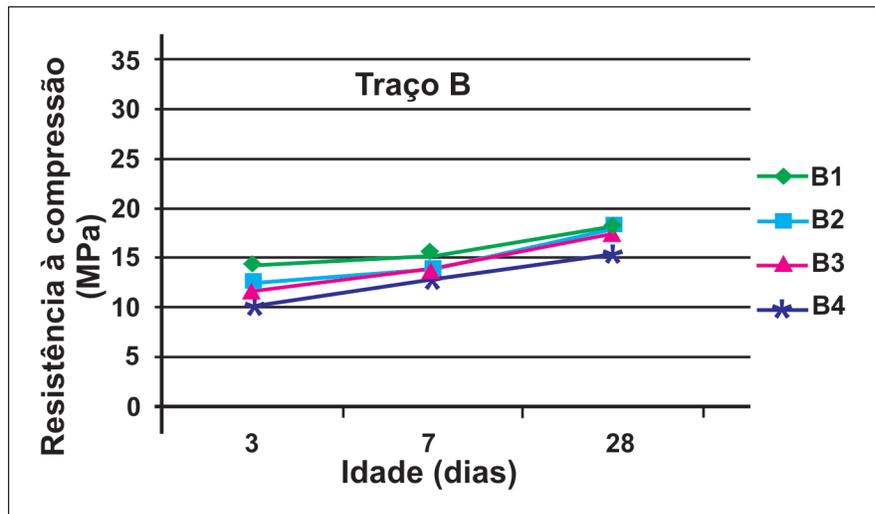


Figura 4 - Resistência à compressão - traço B (1:2,00:3,00).

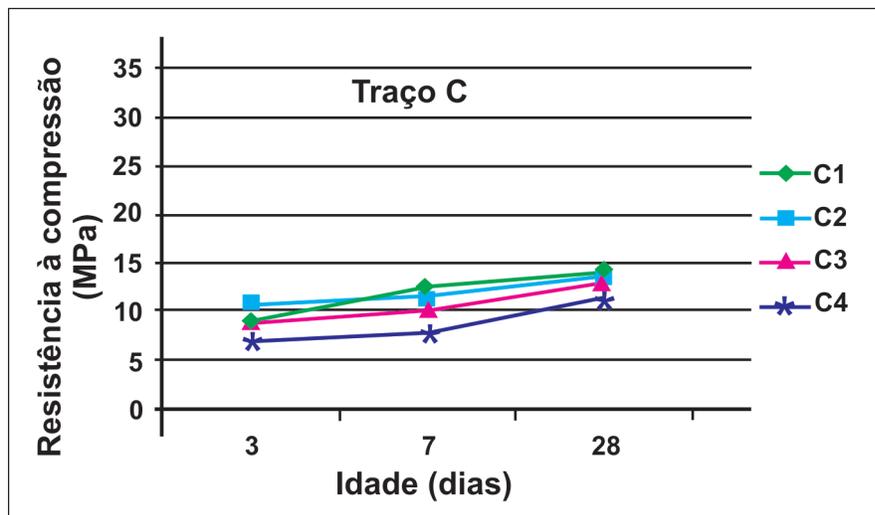


Figura 5 - Resistência à compressão - traço C (1:2,75:3,75).

ção, respectivamente, de 6%, 13% e 30% na resistência à compressão.

Os resultados do ensaio de resistência à compressão dos corpos-de-prova moldados com o traço B são apresentados na Figura 4. Quanto à substituição da areia natural pela artificial, nota-se uma diminuição da resistência à compressão à medida que o percentual de areia artificial é aumentado, sendo de 5% para a substituição de 30%, 8% para o teor de 60% e 20% para a substituição total.

Analisando-se a Figura 5, referente aos resultados do traço C (1:2,75:3,75), observa-se, que em relação ao percentual de substituição da areia natural pela artificial, como verificado para os traços A e B, a resistência à compressão aos 28

dias de idade diminui à medida que o teor de substituição aumenta. Foram verificadas reduções de 4%, 7% e 18% para os teores de substituição de 30%, 60% e 100%, respectivamente.

O traço A, como esperado, por ser o mais rico em cimento e apresenta maiores valores de resistência à compressão em relação aos demais. Na seqüência tem-se o traço B e o traço C.

Conforme pode ser observado, no traço C (1:2,75:3,75), foi menor o efeito da substituição da areia natural por areia de britagem.

Salienta-se que o estudo foi desenvolvido visando a manter a mesma trabalhabilidade dos concretos com areia natural e com areia de britagem, o que levou a variações na relação água/cimen-

to em função da maior demanda de água exigida pelos concretos com areia de britagem. Diante disso, a fim de analisar o efeito da areia de britagem na resistência à compressão, a partir da relação água/cimento e resistência determinada para cada traço, foram obtidas as curvas de Abrams para os concretos estudados (Figura 6).

A partir das curvas obtidas, foram fixadas relações água/cimento 0,55; 0,60 e 0,65, determinando-se os valores correspondentes de resistência à compressão. Essa análise possibilitou a verificação da influência do teor de areia de britagem na resistência à compressão dos concretos. A Figura 7 mostra os resultados obtidos.

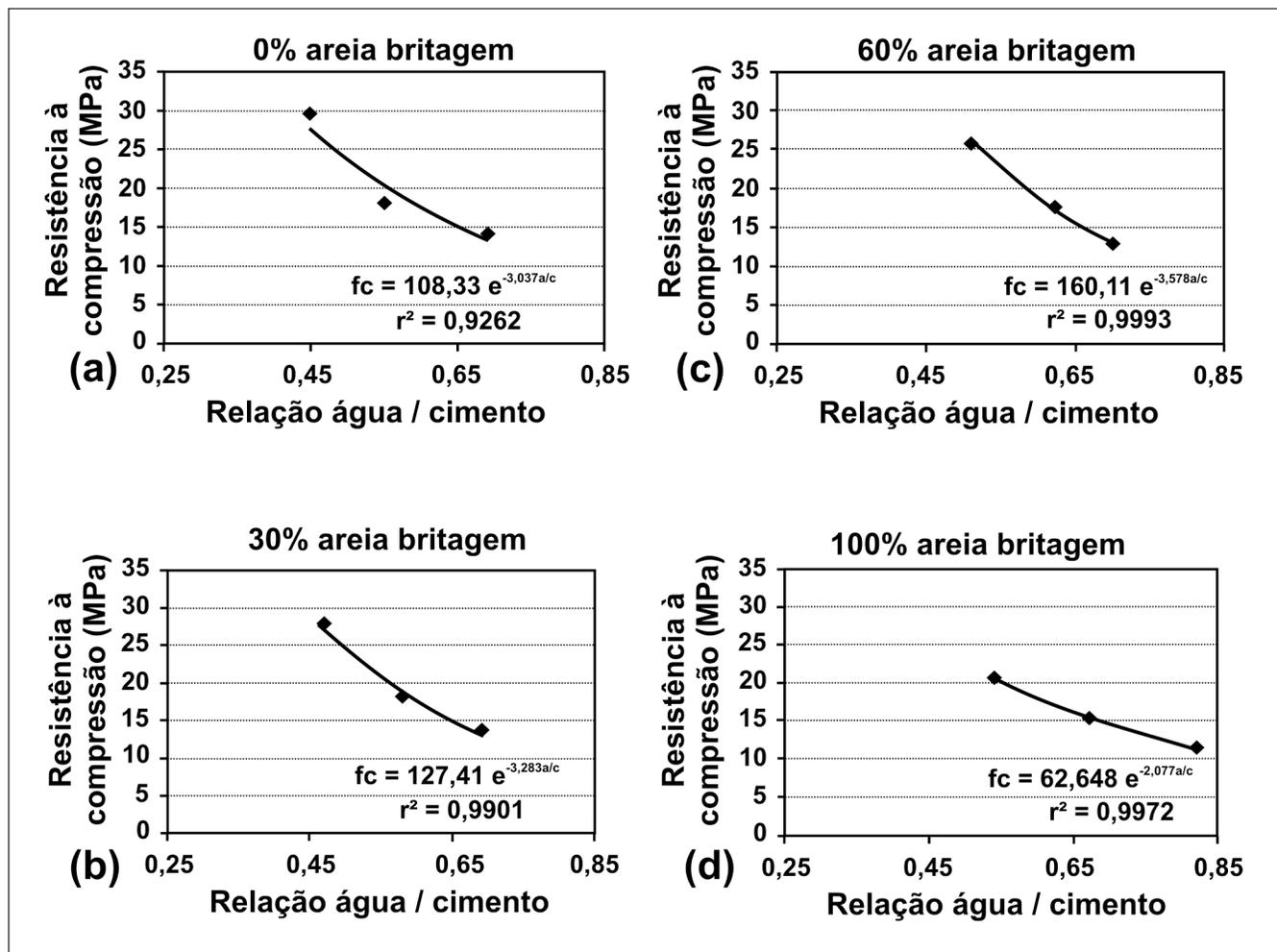


Figura 6 - Curvas de Abrams: (a) 0% de areia natural, (b) 30% de areia de britagem, (c) 60% de areia de britagem e (d) 100% de areia de britagem.

Conforme mostra a Figura 7, para concretos com relações água/cimento 0,55 e 0,60, o teor de 60% de areia de britagem proporciona uma maior resistência à compressão em relação ao concreto de referência. Já concretos com relação água/cimento 0,65, com 100% de areia de britagem, a resistência à compressão é maior em relação aos demais teores. A partir dessa análise, fica evidenciado que a areia de britagem estudada, apesar da forma mais áspera dos grãos e maior teor de finos, quando misturada à areia natural proporciona um melhor empacotamento dos grãos de agregado miúdo, aumentando a resistência à compressão. Em concretos mais pobres, com relação água/cimento 0,65, a maior quantidade de areia de britagem (100%) e o conseqüente maior teor de finos possibilitaram o preenchimento de vazios na mistura e um possível refinamento de poros, que acarretam uma maior resistência à compressão.

Bastos (2002), em estudo com areia artificial, concluiu que, quanto maior é o teor de substituição de areia natural por areia artificial basáltica, maior são as resistências à compressão e à tração por compressão diametral, obtendo-se um aumento, respectivamente, de 56% com o teor de substituição de 70% e 32% com o teor de substituição de 50% aos 28 dias de idade, em relação ao traço de referência.

Menossi (2004) verificou que concretos com adição de areia de britagem, apesar da maior demanda de água, apresentaram maior resistência à compressão, 66% superior do que concretos produzidos com areia natural.

Lodi e Prudêncio Júnior (2006), ao analisarem concretos confeccionados com areia de britagem, observaram que a utilização de areias de britagem de origem basáltica, com grãos arredondados e 16% de material pulverulento, em substituição parcial à areia natural, permite a elaboração de concretos convencionais mais resistentes e mais econômicos.

Já Busanello e Garlet (2007), em estudo desenvolvido para analisar a viabilidade do uso de areia artificial em con-

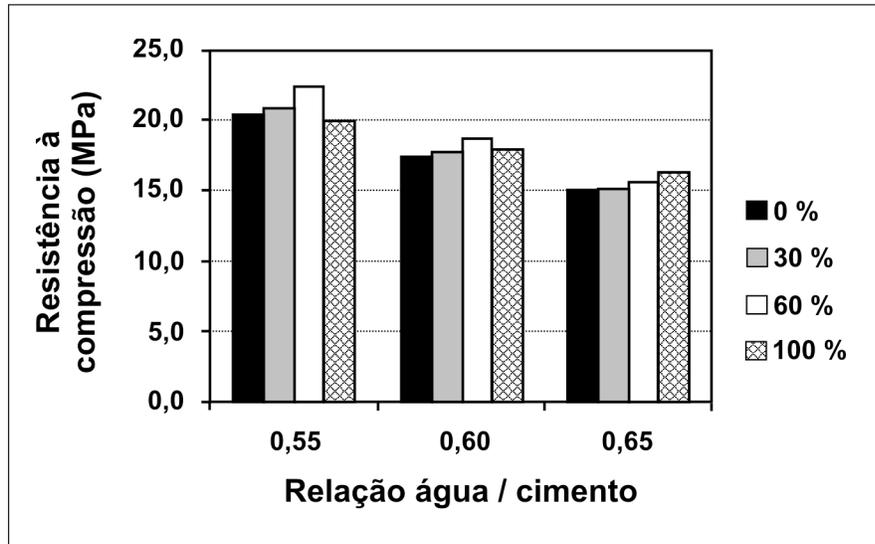


Figura 7 - Influência do teor de areia de britagem na resistência à compressão.

cretos, verificaram que a substituição total de areia natural pela areia industrial de basalto ocasionou prejuízos na resistência à compressão dos concretos analisados. Os autores colocam que o elevado teor de finos (17%) e a forma dos grãos, com arestas vivas, dificultam a trabalhabilidade e fluidez da massa de concreto, exigindo maiores consumos de água para a manutenção do abatimento.

Pereira (2008) verificou que a substituição de 60% de areia natural por areia de britagem de origem basáltica processada em britador do tipo VSI resultou em concretos mais resistentes do que os de referência.

3.4 Absorção de água por imersão

Os resultados do ensaio de absorção de água podem ser visualizados na Tabela 5.

Analisando-se os valores da Tabela 5, pode-se observar elevada variabilidade nos resultados obtidos para as misturas de concreto analisadas. Em geral, a substituição de areia natural por areia de britagem ocasionou um maior teor de absorção de água. A substituição total da areia natural ocasionou um aumento médio de 27% na absorção de água. Isto ficou evidenciado porque, quanto maior a quantidade de areia artificial na mistu-

ra, maior a demanda de água requerida para obtenção do abatimento predeterminado, uma vez que a areia artificial tem maior superfície específica, em função do elevado teor de finos.

Observa-se que não foi possível analisar os dados obtidos para uma mesma faixa de resistência ou relação água/cimento, tal como realizado nos resultados de resistência à compressão. Dessa forma, a maior quantidade de água necessária aos concretos com areia de britagem acarretou, em função das maiores relações água/cimento determinadas, uma maior absorção de água.

4. Conclusões

A partir da análise dos concretos estudados, é possível concluir:

- As características físicas determinadas para a areia de britagem, com exceção do teor de materiais finos que passam na peneira 75µm, ficaram dentro dos parâmetros necessários para que possa ser utilizada como agregado miúdo em concreto.
- Em relação à consistência dos concretos, avaliada pelo abatimento do tronco de cone, observou-se que os concretos com areia de britagem, em função do elevado teor de finos (material pulverulento) e da forma dos

grãos, demandaram uma maior quantidade de água para que a trabalhabilidade fosse mantida dentro da faixa estabelecida.

- A resistência à compressão dos três traços de concreto analisados diminuiu com a substituição de areia natural por areia de britagem. No caso da substituição total, a redução ficou, em média, aproximadamente igual a 23%, em função do maior consumo de água exigido e da maior relação água/cimento. No traço C, a influência da substituição de areia natural por areia de britagem foi menor.
- A análise de concretos com relações água/cimento fixas mostra a viabilidade da utilização da areia de britagem, onde o teor de 60% de areia de britagem apresentou o melhor resultado de resistência à compressão para as relações água/cimento 0,55 e 0,60 e a substituição total de areia natural por areia de britagem mostrou-se eficiente para concretos com relação água/cimento 0,65.
- Os resultados de absorção de água por imersão dos traços analisados apresentaram elevada variabilidade. Foi observado que, quanto maior a quantidade de areia artificial adicionada à mistura, maior o índice de absorção de água, chegando-se a uma diferença, em média, 27% superior, em relação ao concreto de referência com areia natural. Em função do maior teor de finos da areia de britagem, e conseqüente maior superfície específica, foi requerida maior quantidade de água para manutenção do abatimento estabelecido, ocasionando aumento na relação água/cimento das misturas e maior teor de absorção de água.

5. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR NM67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*. Rio de Janeiro, 1998.

Tabela 5 - Ensaio de Absorção de água por imersão.

Absorção média de água (%)				
	A1	A2	A3	A4
Traço A	4,89	6,18	6,03	5,72
	C.V = 9,89	C.V = 11,25	C.V = 9,30	C.V = 8,41
Traço B	4,76	4,95	5,46	6,3
	C.V = 12,42	C.V = 9,10	C.V = 8,13	C.V = 7,53
Traço C	5,99	5,52	7,1	8,04
	C.V = 6,54	C.V = 7,55	C.V = 8,78	C.V = 14,10

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR NM52: Agregado miúdo - determinação de massa específica e massa específica aparente*. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR NM53: Agregado graúdo - determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água*. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR NM 248: Agregados - determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR NM46: Agregados - determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrometros, por lavagem*. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7251: Agregado em estado solto - determinação de massa unitária*. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação*. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5736: Cimento Pozolânico - Especificação*. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica*. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5738: Concreto - moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto*. Rio de Janeiro, 2003.

ALMEIDA, S. L. M.; PEREIRA, A. F. R. Obtenção de areia artificial da pedreira Vigné. *Comunicação Técnica do XII JIC - Jornada de Iniciação Científica - CETEM*, 07 e 08 de julho de 2004. Rio de Janeiro: CETEM, 2004.

BASTOS, S. R. B. *Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos britados em concretos de cimento Portland*. Curitiba: Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, 2002. 118p. (Dissertação de Mestrado).

BUEST, G. T. *Uso da areia artificial basáltica em substituição parcial à areia fina para a produção de concretos convencionais*. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. 164p. (Dissertação de Mestrado).

BUSANELLO, G., GARLET, G. Uso da areia artificial oriunda de britagem de rochas na região de Caxias do Sul em substituição a areia natural para produção de concretos. In: ENCONTRO DE JOVENS PESQUISADORES DA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL, 15. Setembro de 2007.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM. Areia artificial pode ser a opção mais barata. Disponível em <http:www.cetem.gov.br> Acesso em: 13 mar. 2004.

HELENE, P. R. L., TERZIAN, P. *Manual de dosagem e controle do concreto*. São Paulo: Pini, 1992.

KUCK, D. W. Ciência hoje on-line. *Instituto Ciência Hoje*. Rio de Janeiro. 2004.

LODI, V. H., PRUDÊNCIO JÚNIOR, L. R. Viabilidade técnica e econômica do uso de areia de britagem em concretos de cimento Portland na região de Chapecó - SC. In: Workshop Desempenho de Sistemas Construtivos, Unochapecó, Chapecó, SC, novembro de 2006.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P.J.M. *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: IBRACON, 2008. 589p.

MENOSSE, R. T. *Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto*. Ilha Solteira: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade estadual Paulista, 2004. 97p. (Dissertação de Mestrado).

NEVILLE, A. M. *Propriedades do concreto*. (2.ed.). São Paulo: Pini, 1997.

NUGENT, F. R. Ensaio com areia artificial - como melhorar seu concreto. In: COLÓQUIO SOBRE AGREGADOS PARA CONCRETO. *Anais...* São Paulo: IBRACON, 1979. p.1-29.

PEREIRA, G. L. *Avaliação do uso de areia de britagem em argamassas e concretos de cimento Portland*. Canoas: Curso de Engenharia Civil, Universidade Luterana do Brasil, 2008. 82 p. (Trabalho de Conclusão de Curso).

Artigo recebido em 17/04/2008 e aprovado em 07/05/2009.

Descubra as muitas informações da: **Geologia, Mineração, Metalurgia & Materiais e Engenharia Civil.**



Assine e publique na Rem

Conheça o nosso site: **www.rem.com.br**