

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE AGREGADO MIÚDO POR PÓ DE PEDRA NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

SÍLVIA SANTOS^{1*}, ARTUR JACQUES DELFES VARELA², GIULIANO JACQUES³, GABRIELLA CONTESINI PEDRONI⁴

¹ Dr^a. Professora Engenharia Civil, UNIVALI, Itajaí-SC. Fone: (47) 33417829, ssantos@univali.br

² Engenheiro Civil, Itajaí-SC. Fone: (47) 33635868, arturvarela2@hotmail.com

³ Engenheiro Civi, Itajaí-SC. Fone: (47) 33674272, giu.j@hotmail.com

⁴ Acadêmica Engenharia Civil, UNIVALI, Itajaí-SC. Fone: (47) 3341-7829, gabriellapedroni@edu.univali.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: A presente pesquisa teve o objetivo de analisar a viabilidade técnica da substituição parcial de agregado natural miúdo (areia de rio) por agregado miúdo de britagem (pó de pedra) na produção de concreto. Foram feitas diversas análises granulométricas para obter uma proporção ideal de substituição entre areia natural e pó de pedra, que foi aplicada para todas as famílias de concreto em estudo: fck 20, 30, 35, 40 e 50 MPa. Foram realizados ensaios de resistência à compressão axial para as idades de 1, 7 e 28 dias e ensaio de propagação de onda ultrassônica para a idade de 28 dias. A partir dos resultados, dentro dos limites deste trabalho, pode-se afirmar que há viabilidade técnica e ambiental para a substituição parcial de areia natural por pó de pedra na produção de concretos.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto, pó de pedra, areia natural.

PARTIAL REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE IN STONE POWDER IN CONCRETE PRODUCTION

ABSTRACT: This study aimed to analyze the technical feasibility of partial substitution of natural fine aggregate (river sand) for fine aggregate of crushing (stone powder) in concrete production. Various granulometric analyzes for optimal ratio of substitution between natural sand and stone powder, which was applied to concrete all families studied: fck 20, 30, 35, 40 and 50 MPa. To axial compression resistance tests were performed for ages 1, 7 and 28 days and ultrasonic wave propagation assay for the age of 28 days. From the results, within the limits of this work, it can be said that there are technical and environmental feasibility for the partial substitution of natural sand for rock dust in the production of concrete.

KEYWORDS : concrete, stone dust, natural sand.

INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações em relação à qualidade do concreto está associada à qualidade dos agregados empregados, em especial do agregado miúdo, mais especificamente da areia natural. Com o aumento constante da demanda de areia natural no mercado nacional e a exaustão dessas reservas, principalmente próximas às grandes metrópoles e, considerando-se ainda o incremento dos custos de transporte, limites de peso transportados por eixo e aumento das distâncias de carga, a utilização deste insumo tem impactado, de maneira crescente, nos custos do concreto (MENOSSI, 2004).

Por outro lado, a utilização de agregados miúdos de britagem em concretos de cimento Portland, em substituição parcial ou total às areias naturais, tem crescido consideravelmente no Brasil. Dentre os principais motivos estão o aumento das restrições ambientais à exploração e a escassez das jazidas de areia natural de boa qualidade próxima aos grandes centros consumidores (WEIDMANN, 2008).

A grande disponibilidade de pó de pedra nas pedreiras e o investimento de algumas destas na melhoria das características de seus produtos, também tem contribuído, beneficiando não só as próprias pedreiras e centrais dosadoras de concreto, como também o próprio consumidor. Com a aplicação deste resíduo na indústria da construção civil, em especial como substituição no concreto, além de se agregar valor, reduz-se a presença de elementos poluidores do ambiente, pois, geralmente este subproduto é armazenado em pilhas de estoque ao ar livre, sujeito à ação dos ventos e das chuvas e à liberação de material particulado para as drenagens e corpos de água (IBRACON, 2012).

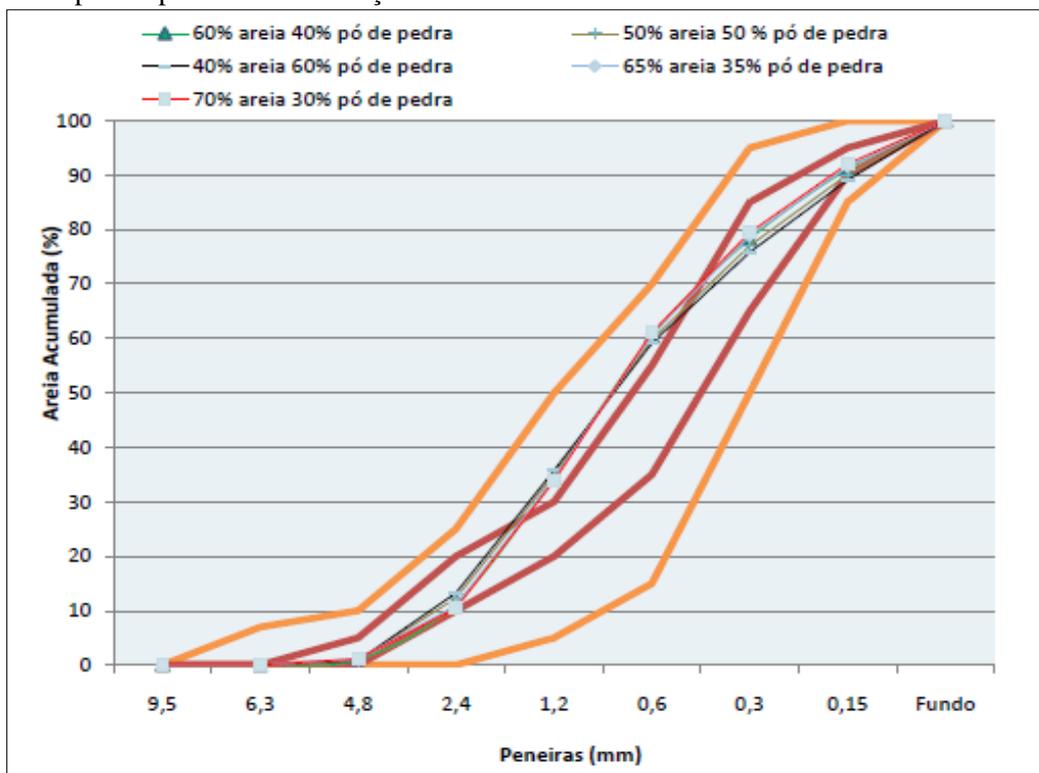
Neste contexto, novas fontes de materiais, como o pó de pedra, passam a se tornar interessantes e devem ser estudadas a fim de verificar a sua viabilidade. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a substituição parcial da areia natural pelo pó de pedra na produção de concreto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados foram caracterizados de acordo com as respectivas normas técnicas vigentes. Os aglomerantes utilizados foram o Cimento Portland Pozolânico (CP IV) para as resistências características de 20, 30, 35 e 40 MPa, e o Cimento de alta resistência inicial (CP V ARI RS) para fck de 50 MPa; os agregados graúdos utilizados foram as britas comercializadas como brita 0 e brita 1 granítica, com módulo de finura de 6,60 e 6,97 respectivamente, e mesmo diâmetro máximo de 12,5 mm; a areia natural utilizada tem módulo de finura de 2,82 e o pó de pedra módulo de finura de 2,68.

O pó de pedra, assim como a areia, está dentro da zona utilizável definida na NBR 7211:2009. Foram feitas análises de misturas com diferentes porcentagens entre areia natural e pó de pedra que resultasse em uma curva próxima dos limites ótimos de utilização. No momento em que a porcentagem de pó de pedra é maior ou igual a areia natural, a quantidade de material fino começa a sair da zona ótima de utilização, o que pode ser visualizado na figura 1. Desta forma, o percentual aplicado foi de 60% de areia natural e 40% de pó de pedra, por ser o que mais se aproximou dos limites da zona.

Figura 1. Mapa de aptidão à mecanização das terras do estado da Paraíba.



O aditivo utilizado foi um multifuncional dispersante de alta eficácia, que resulta em notável melhoria de resistência à compressão inicial e final. Atua prolongando a manutenção do abatimento do concreto, mantendo um tempo de pega controlado. Sua massa específica é de 1,20 g/cm³, e sua dosagem pode variar de acordo com a redução de água desejada, com a vantagem de permitir o uso

na faixa de 0,3% a 1,0% sobre a massa de cimento.

Foram produzidos 5 traços de concreto com 100% de areia natural para resistências de 20, 30, 35, 40 e 50 MPa, sendo os de 20 MPa utilizados em hélice contínua, com *slump test* (22±3) cm, e o restante convencional, com *slump test* (11±2) cm. Todos estes traços foram fornecidos por uma central dosadora de grande porte da cidade de Camboriú-SC, aqui denominado traço referência (CR), interessada em introduzir o pó de pedra como material constituinte regular de seus concretos.

Tabela 1: Traços referência

fck (MPa)	Quantidade de material para 1 m ³						Slump test (cm.)	Relação a/c
	Cimento (kg)	Areia Natural (kg)	Brita 0 (kg)	Brita 1 (kg)	Água (kg)	Aditivo (l)		
20	400,00	890,00	800,00	0,00	235,00	3,50	22 ± 3	0,59
30	380,00	800,00	550,00	380,00	210,00	3,00	11 ± 2	0,55
35	410,00	760,00	550,00	380,00	210,00	3,50	11 ± 2	0,51
40	450,00	715,00	550,00	380,00	210,00	4,00	11 ± 2	0,47
50	480,00	700,00	320,00	600,00	215,00	4,00	11 ± 2	0,45

Após a produção dos CR, foram produzidos os 5 traços baseados nos concretos referência, apenas com a substituição de 40% da areia natural por pó de pedra.

Para cada traço foram produzidos 50 litros de concreto. No estado fresco foi realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone para verificar a trabalhabilidade dos concretos (NBR NM 67:1998). Para cada traço moldaram-se 24 corpos de prova cilíndricos, de dimensões (10x20)cm de acordo com a NBR 5738:2015. A cura foi realizada imersa em água saturada de cal. Nas idades especificadas (1, 7 e 28 dias) foram feitos ensaios no estado endurecido de resistência à compressão axial (NBR 5739:2007), sendo 8 corpos de prova por idade. Destes, os mesmos 8 com idade de 28 dias, também foram utilizados para o ensaio de ultrassom, antes de serem submetidos ao ensaio de compressão axial (NBR 8802:2013).

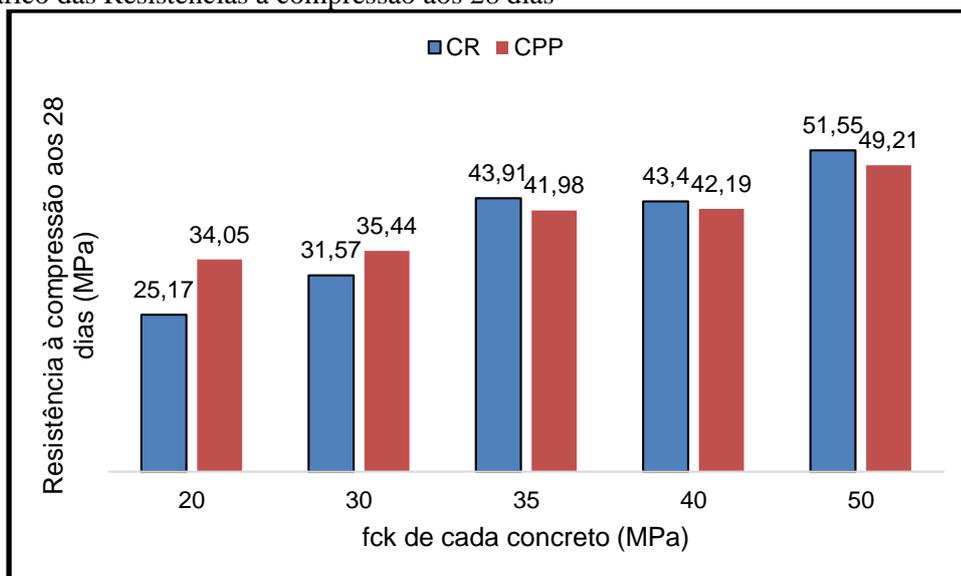
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 e a figura 2 apresentam os resultados das médias das resistências à compressão axial e das velocidades de propagação da onda ultrassônica para os concretos em análise.

Tabela 2: Resumo das médias dos resultados obtidos para os concretos produzidos aos 28 dias.

fck (MPa)	Resistência à compressão axial aos 28 dias (MPa)		Velocidade de propagação de onda ultrassônica aos 28 dias (m/s)	
	CR	CPP	CR	CPP
20	25,17	34,05	4509,38	4671,88
30	31,57	35,44	4602,25	4724,63
35	43,91	41,98	4736,25	4825,00
40	43,40	42,19	4730,00	4774,13
50	51,55	49,21	4652,75	4725,88

Figura 2 - Gráfico das Resistências à compressão aos 28 dias



Os concretos produzidos com adição de pó de pedra atingiram os resultados esperados: todos chegaram às resistências especificadas para a sua determinada família. Para as resistências à compressão axial de 20 e 30 MPa os concretos com adição de pó de pedra obtiveram resultados superiores ao concreto referência. Para as resistências à compressão axial de 35, 40 e 50 MPa os resultados aos 28 dias foram da mesma ordem de grandeza do CR e, com 95% de confiança, não podem ser considerados diferentes.

Em relação à velocidade de propagação de onda, houve um aumento da velocidade em todos os CPP se comparados ao CR, evidenciando a contribuição do pó de pedra na compactação de todos os concretos. O aumento da compactação indica menor volume de vazios, sendo que não houve aumento na demanda de água, estes concretos deverão obter maior durabilidade a longo prazo, uma vez que com a redução do volume de vazios, a ação de agentes agressivos será dificultada.

Em relação à viabilidade, para a mesma central dosadora que forneceu os dados dos concretos referência, realizou-se uma análise econômica, sendo que a sua produção mensal é de aproximadamente 10.500 m³ para os concretos em estudo.

Com a devida substituição dos materiais (40% de substituição de areia natural por pó de pedra), pode-se conseguir uma redução de custo de 17,60%, correspondente a R\$ 13.018,20 por mês, tornando-se um valor significativo ao se considerar o período de 1 ano.

Fora a redução no custo do concreto, pode-se afirmar ainda que haverá um ganho ambiental com a substituição parcial deste material, pois o pó de pedra não ficará mais depositado na central de britagem, ocupando espaço e poluindo o meio ambiente. Além disso, o uso de pó de pedra contribuirá com a preservação da natureza reduzindo o impacto ambiental com a extração de areia natural, pois deixarão de ser extraídos 40 mil toneladas por ano de areia natural dos rios, apenas para abastecer essa central dosadora de concreto.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos são específicos para este estudo, limitados aos materiais utilizados e às composições dos traços para a produção do concreto.

A partir do ensaio de *slump test*, constatou-se que o consumo de aditivo não foi maior para o Cpp se comparado ao CR, o que é um ponto positivo para o pó de pedra técnica e economicamente.

As resistências à compressão axial dos concretos de menores resistências (fck 20 e 30 MPa) atingiram valores superiores ao concreto referência. Os concretos de maiores resistências (35, 40 e 50 MPa) obtiveram resultados da mesma ordem de grandeza dos concretos referência, indicando que há limitações para a contribuição do pó de pedra no incremento/manutenção da resistência à compressão dos concretos.

A velocidade de propagação de ondas ultrassônicas foi maior nos concretos com pó de pedra, mostrando que houve um ganho na compactação dos concretos produzidos com adição de pó de pedra,

e conseqüentemente, esses concretos deverão ser mais resistentes aos agentes agressivos, podendo atingir maior durabilidade a longo prazo.

Os resultados permitem afirmar que é possível substituir parcialmente a areia natural por pó de pedra tendo ganhos econômicos e ambientais, diminuindo os impactos gerados pela extração de areia nos leitos dos rios e o estoque de pó de pedra nas pedreiras. Todavia, indicam também que cada resistência mecânica parece admitir um teor ótimo de pó de pedra, visto que, para resistências maiores, não se observou ganho de resistência significativo com a inclusão do pó de pedra na mistura.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR NM 67 : Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5738 : Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5739 : Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 8802: Concreto endurecido — Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO – IBRACON. Verificação da variabilidade das propriedades físicas do agregado miúdo de britagem empregado na produção de concreto de cimento portland. 1.ed. São Paulo: IBRACON, 2012.
- MENOSSEI, R. T. Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto. 2004. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, 2008.
- WEIDMANN, D. F. Contribuição ao estudo da influência da forma e da composição granulométrica de agregados miúdos de britagem nas propriedades do concreto de cimento Portland. 2008. 273 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.