

VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DO PÓ DE PEDRA PARA PRODUÇÃO DE CONCRETO

CHRISTIAN FERNANDO NISZ¹, MICHEL MARTINENGI², MATHEUS AGUSTINI³,
TAINÁ SARAMENTO⁴; SÍLVIA SANTOS^{5*}.

¹Engenheiro Civil, UNIVALI, Itajaí-SC, christian.nisz@hotmail.com;

²Engenheiro Civil, UNIVALI, Itajaí-SC, martinenghim@yahoo.com.br;

³Graduando em Engenharia Civil, UNIVALI, Itajaí-SC, matheus-agustini@hotmail.com;

⁴Graduanda em Engenharia Civil, UNIVALI, Itajaí-SC, tainasaramento@hotmail.com;

⁵Dr^a. Professora Engenheira Civil, UNIVALI, Itajaí-SC, ssantos@univali.br.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: Com a elevada extração dos agregados naturais para a produção de concreto, tornam-se preocupantes as perspectivas de garantia de suprimento futuro dessas matérias-primas, bem como o impacto ambiental gerado por esta atividade. Dessa forma, este trabalho analisa a viabilidade técnica da substituição parcial ou total do agregado miúdo natural, por agregado miúdo de britagem – pó de pedra - na produção de concreto, por meio de ensaios de resistência à compressão axial e módulo de elasticidade. Elaborou-se um traço referência além de sete outros traços com teores de substituição de areia natural por pó de pedra. Os concretos produzidos foram avaliados nas idades de 1, 7 e 28 dias. Concluiu-se, em virtude dos resultados, que todos os concretos que continham pó de pedra em substituição à areia natural alcançaram a resistência à compressão axial especificada para a idade de 28 dias, além de atingir um módulo de elasticidade compatível. Com estas análises comprova-se a viabilidade técnica na utilização de pó de pedra na produção de concreto, onde, além de alcançar os parâmetros de característica mecânica, poderá reduzir o impacto ambiental gerado pela a extração da areia natural.

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

TECHNICAL FEASIBILITY OF THE USE OF STONE POWDER FOR CONCRETE PRODUCTION

ABSTRACT: With the high extraction of natural aggregates for the production of concrete, the prospects of guaranteeing the future supply of these raw materials, as well as the environmental impact generated by this activity, it has become worrying. In this way, this work analysis the technical feasibility of the partial or total replacement of the natural fine aggregate by fine aggregate of crushing – stone powder - in the concrete production, through tests of resistance to axial compression and modulus of elasticity. A reference trait was elaborated in addition to seven other traces with levels of substitution of natural sand for stone powder. The concretes produced were evaluated at the ages of 1, 7 and 28 days. It was concluded from the results that all concretes containing stone powder replacing natural sand achieved the axial compressive strength specified at 28 days, in addition to achieving a compatible modulus of elasticity. These analysis demonstrate the technical feasibility of using stone powder in concrete production, where, in addition to achieving the mechanical characteristics parameters, it can reduce the environmental impact generated by the extraction of natural sand.

KEY WORDS: stone powder, natural sand, concrete.

INTRODUÇÃO

A construção civil, setor característico do desenvolvimento econômico, que promove melhorias de infraestrutura e habitação, provoca também, considerável impacto ao meio ambiente, devido, principalmente, ao elevado consumo de matérias-primas. Entre os materiais utilizados na construção

civil, o concreto de cimento Portland se destaca como o material artificial mais consumido no mundo. E os agregados representam um percentual de aproximadamente 80% do seu volume total dentro dos insumos utilizados na produção do concreto (ALMEIDA, 2005).

A extração desses agregados causa danos irreparáveis ao meio ambiente e vem sendo cada vez menos favorecida em virtude das restrições ambientais, tornando preocupantes as perspectivas de garantia de suprimento futuro (IBRACON, 2005).

Com isso, a indústria da construção civil busca, de maneira constante e insistente, materiais alternativos oriundos de subprodutos que venham a atender a redução de custos, a agilidade de execução, a durabilidade e a melhoria nas propriedades do concreto, visando principalmente a redução da extração de materiais naturais mediante o emprego de resíduos recicláveis (BARBOSA; COURA; MENDES, 2008).

Dentre esses materiais, destaca-se o pó de pedra. Sua utilização tem se mostrado uma alternativa bastante interessante e seu uso pode provocar vantagens que beneficiarão 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 lhe 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 redes de drenagem e corpos de água no entorno das pedreiras (IBRACON, 2012).

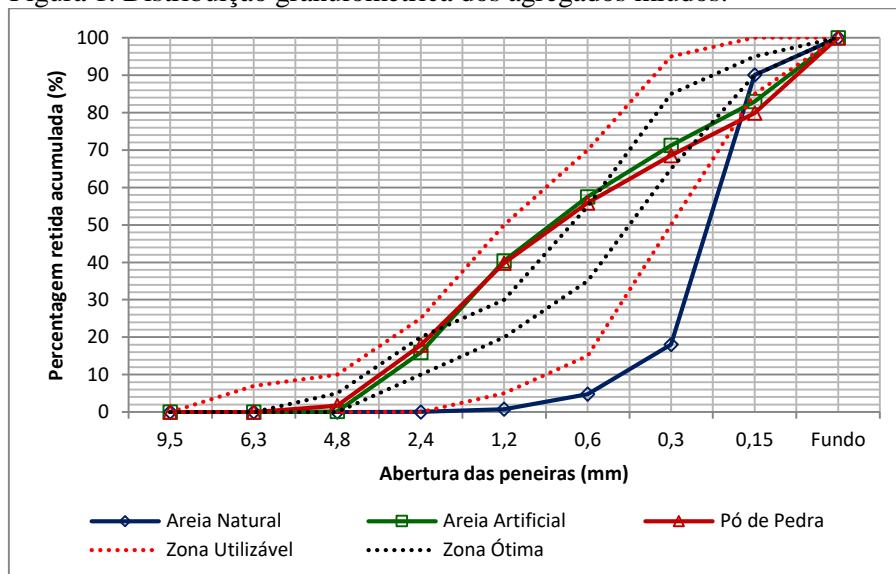
Diante deste cenário, e sabendo da influência dos parâmetros físicos dos agregados miúdos no concreto de cimento Portland, a presente pesquisa teve como objetivo analisar a viabilidade técnica da utilização do pó de pedra produzido por meio da britagem de rocha granítica, como substituição parcial e total à areia natural na produção de concretos convencionais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados na pesquisa foram caracterizados de acordo com as respectivas normas técnicas vigentes. O aglomerante utilizado foi o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI); foram utilizados três agregados miúdos diferentes, sendo esses: areia natural (AN), areia artificial (AA) e pó de pedra (PdP), com módulo de finura equivalente a 2,05, 3,59 e 3,49, respectivamente; o agregado graúdo utilizado foi uma brita granítica com diâmetro máximo de 9,5 mm e módulo de finura equivalente a 6,21; o aditivo empregado foi um aditivo redutor de água, polifuncional, denominado GRACE MIRA® 7-321, da empresa RheoSet.

A partir da caracterização dos agregados miúdos, foi verificado que estes não atendiam aos limites da NBR 7211 (2009). Para a produção dos concretos, analisando sua granulometria (Figura 1), buscaram-se composições entre os agregados miúdos na tentativa de que as misturas resultantes fossem enquadradas nos limites da NBR 7211 (2009).

Figura 1. Distribuição granulométrica dos agregados miúdos.



Foi adotado como concreto referência (CR), o traço piloto, 1 : 1,46 : 1,19 : 2,96 : 0,61, comercializado por uma central dosadora de concreto de porte médio da região de Itajaí-SC, a fim de servir de parâmetro de comparação de desempenho dos concretos produzidos com pó de pedra. O mesmo concreto é produzido pela central dosadora com uma composição de agregados miúdos (55% de areia natural (AN) e 45% de areia artificial (AA)). O concreto referência (CR) adotado possui um fck de 30 MPa e abatimento de tronco de cone de (10±2) cm.

A partir do traço CR, foram determinados sete traços (Tabela 1) com substituição da areia natural por pó de pedra com o objetivo de avaliar o melhor teor de substituição, mantendo-se a proporção da areia artificial fixa, já que o objetivo era reduzir o consumo da areia natural.

Tabela 1. Proporções de agregados miúdos para cada traço.

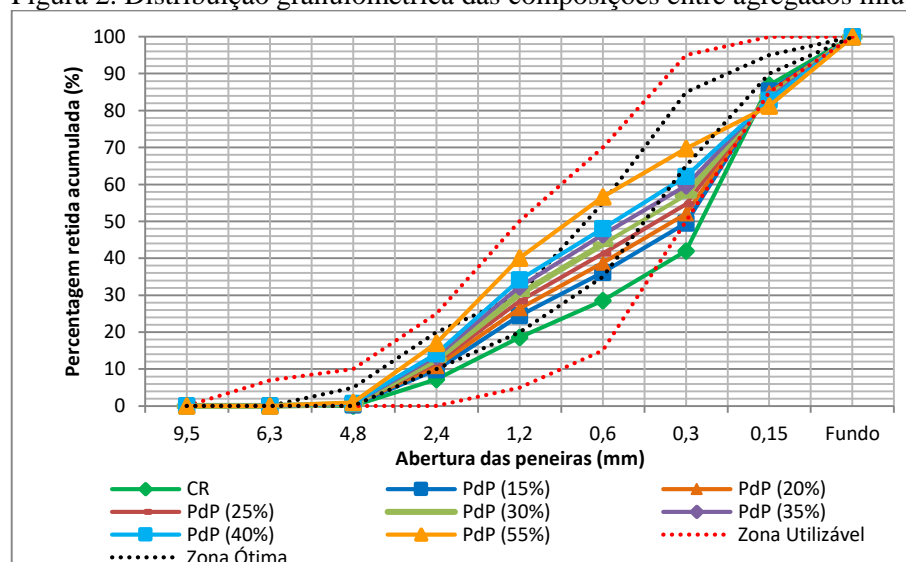
Traço	Pó de Pedra	Areia Natural	Areia Artificial	Traço	Pó de Pedra	Areia Natural	Areia Artificial
CR	0%	55%	45%	PdP (30%)	30%	25%	45%
PdP (15%)	15%	40%	45%	PdP (35%)	35%	20%	45%
PdP (20%)	20%	35%	45%	PdP (40%)	40%	15%	45%
PdP (25%)	25%	30%	45%	PdP (55%)	55%	0%	45%

Para cada traço foram produzidos cerca de 40 litros de concreto e foi realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone NBR NM 67 (1998). Foram moldados 20 corpos-de-prova cilíndricos, sendo que 15 foram utilizados para os ensaios de resistência a compressão axial (NBR 5739:2007) para as idades de 1, 7 e 28 dias, enquanto outros 5 corpos-de-prova foram utilizados para o ensaio de módulo de elasticidade (NBR 8522:2008), à idade de 28 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da caracterização das composições entre os agregados miúdos referenciados (Figura 2), observou-se que as melhores misturas seriam compostas por 20, 25 e 30% de pó de pedra, pois foram as que mais se aproximaram dos limites da NBR 7211 (2009). A Tabela 2 apresenta a quantidade de aditivo utilizado para a produção de 40 litros de concreto e os resultados do ensaio de abatimento de tronco de cone de cada concreto produzido.

Figura 2. Distribuição granulométrica das composições entre agregados miúdos.



A média de abatimento dos traços com pó de pedra em sua composição foi de 9,07 cm, dentro do permitido. A relação pó de pedra e aditivo parece ser diretamente proporcional, pois, quanto maior a quantidade de pó de pedra no traço, maior é a quantidade necessária de aditivo para alcançar o abatimento desejado, o que já era esperado. Para o traço com maior proporção de pó de pedra foi necessário 56 ml de aditivo para alcançar o abatimento, sendo este resultado abaixo do calculado para o CR que é de 76,8 ml e do máximo permitido pelo fabricante que é de 101 ml.

Tabela 2. Determinação da consistência do concreto.

Traço	Aditivo			Abatimento (cm)
	Calculado* (ml)	Utilizado (ml)	Utilizado (%)	
CR	76,80	18,70	24,35	11,90
PdP (15%)	76,80	19,00	24,74	9,70
PdP (20%)	76,80	22,00	28,65	9,50
PdP (25%)	76,80	22,00	28,65	9,00
PdP (30%)	76,80	27,00	35,16	8,80
PdP (35%)	76,80	30,00	39,06	9,00
PdP (40%)	76,80	38,00	49,48	9,00
PdP (55%)	76,80	56,00	72,92	8,50

* Valor utilizado pela CDC no concreto referência.

A Tabela 3 apresenta os resultados das médias de resistência à compressão axial dos traços de concreto produzidos.

Tabela 3. Resultados das médias da resistência à compressão axial.

Média de Resistência à Compressão Axial (MPa)							
Traço	1 dia	7 dias	28 dias	Traço	1 dia	7 dias	28 dias
CR	14,16	31,12	38,6	PdP (30%)	11,28	30,7	35,9
PdP (15%)	6,56	29,5	35,94	PdP (35%)	9,34	30,86	36,4
PdP (20%)	9,85	31,7	36,44	PdP (40%)	10,24	26,22	32,12
PdP (25%)	11	31,9	35,86	PdP (55%)	9,08	26,4	32,24

Analisando-se os resultados de resistência à compressão axial com a idade de 1 dia, observar-se que nenhum traço com pó de pedra em sua composição superou o resultado do CR. O PdP 30% foi o que mais se aproximou do CR nesta idade com 11,28 MPa; em contrapartida, o PdP 15% com o resultado de 6,56 MPa foi o mais distante do CR. Com exceção do PdP 15%, os demais traços com pó de pedra obtiveram resultados de resistência à compressão axial mais próximos uns dos outros.

Os resultados de resistência à compressão axial de na idade de 7 dias indicam que o PdP 20% com 31,70 MPa e o PdP 25% com 31,90 MPa mostraram resultados superiores ao CR. Apenas os traços PdP 40% e PdP 55% com os resultados 26,22 MPa e 26,40 MPa, respectivamente, obtiveram resultados abaixo da média de resistência para esta idade, pois foram produzidos com uma maior quantidade de pó de pedra. Os traços entre o PdP 20% ao PdP 35% obtiveram resultados da mesma ordem de grandeza, com valores próximos do CR.

Aos 28 dias, os traços PdP 20% e o PdP 35% foram os que mais se aproximaram do CR. No entanto, nenhum traço com pó de pedra obteve resultado superior ao do CR. Por outro lado, todos os traços superaram o fck estabelecido no trabalho de 30MPa.

A Tabela 4 apresenta a média dos resultados de módulo de elasticidade para cada traço de concreto ensaiado aos 28 dias de idade, de acordo com a NBR 8522 (2008), assim como o valor teórico calculado pela NBR 6118 (2014).

Tabela 4. Módulo de elasticidade dos concretos produzidos.

Módulo de Elasticidade (GPa)								
Traço	CR	PdP 15%	PdP 20%	PdP 25%	PdP 30%	PdP 35%	PdP 40%	PdP 55%
Valor Médio de Ensaio (GPa)	31,95	28,43	31,75	30,35	31,88	31,75	31,50	30,05
Valor Teórico (GPa)	34,36	33,57	33,80	33,53	33,55	33,78	31,74	31,80

* Para a determinação do valor teórico de módulo de elasticidade foi utilizada a resistência a compressão axial média dos corpos-de-prova nas respectivas idades

Todos os valores teóricos superaram as médias dos módulos de elasticidade ensaiados. O traço PdP 15% foi o que apresentou maior diferença entre o valor teórico e a média dos ensaios, e o traço PdP 40% o que apresentou menor diferença, quase igualando o valor teórico com a média dos ensaios. Os outros traços se mostraram bastante equilibrados na comparação, com diferenças variando

entre 2,0 a 3,0 GPa. Cabe destacar que todos os valores de ensaio superaram o valor teórico quando do uso de um fck 30MPa.

CONCLUSÕES

Observou-se que quanto maior o teor de pó de pedra presente, menor foi a trabalhabilidade do concreto, aumentando gradativamente a quantidade de aditivo necessário para se atingir o abatimento de tronco de cone desejado.

Com base nos resultados analisados, pode-se determinar que os traços PdP 20%, PdP 25% e PdP 30%, foram os que apresentaram os melhores resultados, pois, além de suas distribuições granulométricas ficarem entre as que mais se aproximaram da zona utilizável, suas resistências à compressão axial nas idades de 1 e 7 dias obtiveram resultados significativos baseados no CR desenvolvido pela central dosadora de concreto. Enquanto na idade de 28 dias, os mesmos apresentaram resultados que superaram o fck estabelecido pela mesma, de 30 MPa.

Mesmo sendo o concreto com maior quantidade de pó de pedra em sua mistura, o traço PdP 30% pode não ser o de menor custo, pelo fato de utilizar mais aditivo em sua mistura do que os demais concretos, o que pode elevar seu custo final. No entanto, esse traço foi considerado o mais apropriado na pesquisa, por permitir o uso de uma maior quantidade de pó de pedra em sua mistura, resultando na redução do impacto ambiental gerado na extração de areia natural.

Em relação ao módulo de elasticidade, com exceção do traço PdP 15% que apresentou uma diferença significativa entre o valor teórico e a média dos ensaios, todos os traços com o pó de pedra em sua composição apresentaram valores semelhantes quando comparados o módulo teórico e o módulo obtido por meio dos ensaios. Embora os concretos com pó de pedra tenham apresentado valores de módulo de elasticidade abaixo do CR, pode-se dizer que não são significativos a ponto de interferir nos prazos de descimbramento em pequenas idades. Ainda, todos os concretos produzidos apresentaram módulos de elasticidade superiores ao mínimo estipulado, tendo como base o fck predeterminado aos 28 dias.

Com base nos resultados encontrados, afirma-se que é possível utilizar o pó de pedra na produção do concreto, em substituição parcial a areia natural, dentro dos limites deste trabalho. O uso desse atingiu a todos os parâmetros desejados, em relação à resistência à compressão axial e módulo de elasticidade, indicando a possibilidade de produção de concretos ambientalmente mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. L. M. et al. **Produção de areia manufaturada em usina piloto**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral – Ministério da Ciência e Tecnologia, 2005.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do troco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2008.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522**: Concreto – Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro, 2008.
- BARBOSA, M. T. G.; COURA, C. V. G.; MENDES, L. de O. Estudo sobre a areia artificial em substituição à natural para confecção de concreto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 51-60, out./dez. 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO – IBRACON. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 1.ed. São Paulo: IBRACON, 2005.
- 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.