

Aproveitamento do pó de pedra na matriz do concreto

André de Souza Borges
Universidade Vila Velha – Brasil
andre.b@escritorios.com.br

Ricardo Ribeiro Uneida
Universidade Vila Velha – Brasil
ricardouneida@hotmail.com

Edna Mara Pires Gumz
Universidade Vila Velha – Brasil
edna.gumz@uvv.br

ABSTRACT

The civil construction industry despite being important economically, it is still a huge generator of environmental impacts, both in the generation of waste and the consumption of natural resources. It is known that the natural sand is the main input used as aggregated kid in the production of concrete, generating a concern with the depletion of their deposits, therefore, it is necessary to search for alternatives to the production of sand from natural or artificial substitutes, among them have to use the stone dust, It is a byproduct generated in the production of crushed stone, reducing the damage caused to the environment, and there is probably a reduction in the cost. It was made a stone dust's characterization with the objective of testing concretes produced with its replacement in proportions of 0, 20, 40, 60, 80 and 100%, in relation to the sand. Then, it was noted that in accordance with the increase in the proportion of stone dust in the concrete's trace, the absorption of water has been increasing because of fine material in its composition, influencing negatively in the workability. It was also observed that there has been a gain of mechanical resistance of concretes produced with partial replacement of the sand by stone dust in relation to concrete produced only with natural sand. In this way, it can be concluded that, with an adequate control during the manufacture of concrete, the substitution of natural fine aggregated by stone dust proved a viable alternative to conventional concrete.

Keywords: Stone dust; Natural sand; Sustainability; Concrete.

1. INTRODUÇÃO

Com o uso da tecnologia na indústria da construção civil, tem ocorrido um aumento acelerado no consumo de energia e recursos naturais não renováveis, o que tem gerado uma preocupação com o meio ambiente. Além disso, sabe-se que a construção civil é uma das mais importantes atividades econômica e social do país, contudo é grande geradora de impactos ambientais, não só pelo consumo de recursos naturais não renováveis, como pela modificação da paisagem e pela geração de resíduos.

Segundo Santos (2008), a indústria da construção civil brasileira está estruturada em torno do sistema construtivo do concreto armado. Esse sistema apresenta como vantagem a facilidade de

execução e a possibilidade de ser moldado em formas variadas, juntamente com um custo relativamente baixo e um desempenho mecânico satisfatório (Sá, 2006).

O concreto de Cimento Portland é uma mistura, em proporções pré-estabelecidas, de um aglomerante (cimento), água e materiais agregados (areia natural e pedra britada). Os agregados empregados na composição do concreto devem atender às seguintes propriedades requeridas pela caracterização tecnológica: minerais duros, compactos, limpos, isento de substâncias que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão e a durabilidade.

Conforme Santana (2008), a areia natural, por ser o material mais empregado na engenharia civil como agregado miúdo na composição do concreto, vem sofrendo um esgotamento progressivo de suas jazidas, e, as restrições ambientais impostas pelo Código Florestal Brasileiro (1965), por meio da Lei 4.771/65, quanto a sua extração em várzeas e leito de rios, estão obrigando os mineradores de areia a migrarem para locais, cada vez mais distantes dos centros consumidores. Luz e Almeida (2012), afirmam que a consequência disto é o aumento em seu preço, devido aos custos com transporte, que segundo a ANEPAC (Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção) pode representar cerca de 75% do custo.

Instituições de pesquisa e o setor de mineração vêm buscando alternativas para a produção de areia através de substitutivos naturais ou artificiais. Dentre as alternativas para substituição do agregado natural, tem-se a utilização de areia a partir dos finos de britagem, o pó de pedra.

O pó de pedra é um subproduto da produção de brita e ao ser armazenado nas pedreiras provoca impactos ambientais, especialmente com a geração de poeiras. Ao ser tratado pode substituir a areia natural, desde que os seguintes atributos sejam atendidos: distribuição granulométrica, forma e textura superficial adequadas, resistência mecânica, estabilidades das partículas e ausência de impurezas (ALMEIDA; SILVA, 2005).

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade da utilização do pó de pedra na matriz do concreto, buscando a sua substituição em diferentes proporções em relação a areia natural, proporcionando um melhor entendimento acerca de sua influência nas características do concreto.

De acordo com Holsbach (2004), essa substituição além de diminuir os impactos gerados a partir da estocagem do pó de pedra, tende a reduzir os danos causados pela extração da areia natural nos leitos de rios, e ainda, ter uma diminuição no custo, pois o pó de pedra é proveniente de britagem, o qual não agrega nenhum custo adicional a sua produção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O concreto de cimento Portland

O concreto de cimento Portland é basicamente, um material resultante da combinação em diversas proporções, de um determinado aglomerante, que é constituído com o próprio cimento Portland, sendo misturado à água, contendo também a areia como agregado miúdo e a brita sendo um agregado graúdo, podendo ainda conter aditivos.

2.1.1 Agregado

Segundo Luz e Almeida (2012), o termo agregado deriva do fato de que a areia e a brita se agregam ao cimento para a composição do concreto e ao piche para preparação do asfalto. De acordo com Bertolino e outros (2012), os agregados naturais são oriundos de materiais rochosos consolidados e sedimentares, tais como areia e cascalho. As rochas cimentadas são submetidas a processos de britagem e moagem até alcançar os padrões granulométricos determinado pela construção civil.

2.1.2 Água

A água quando misturada ao cimento inicia o processo de hidratação do mesmo, que consiste na transformação dos compostos anidros mais solúveis do cimento em compostos hidratados menos solúveis. Deve-se ficar atento a qualidade da água utilizada na mistura, pois nela podem haver impurezas que interfiram na configuração do cimento, que podem afetar negativamente a resistência do concreto ou causar a coloração de sua superfície e podem levar à corrosão da armadura (NEVILLE; BROOKS, 2010).

A estrutura de poros de uma pasta de cimento enrijecida é definida pela relação água/cimento e grau de hidratação. De modo geral, quanto maior for a relação água/cimento para um determinado grau de hidratação, ou quanto menor o grau de hidratação para uma estipulada relação água/cimento, maior será o volume de grandes poros na pasta de cimento hidratada final. Assim, sabemos que quanto maior a relação água/cimento, menor será a resistência a compressão do concreto desejado (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

2.1.3 Aditivos

Os aditivos têm a função de alterar algumas propriedades do concreto para alcançar algum efeito desejado. Existe muitos produtos patenteados disponíveis no mercado e seus efeitos desejáveis são descritos pelos fabricantes, mas alguns outros efeitos que não são conhecidos, de modo que uma abordagem cautelosa, incluindo testes de desempenho, é necessária (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Sabe-se que a utilização de aditivos pode aprimorar a propriedade do concreto, no quesito de, trabalhabilidade, resistência, compacidade, durabilidade, bombeamento e fluidez, mas também pode diminuir sua permeabilidade, retração, calor de hidratação, tempo de pega e absorção de água.

2.2 Pó de pedra

Segundo Luz e Almeida (2012), na produção da brita (1, 2 e 3) obtém-se a brita “0” (9,5 a 4,8 mm) e pó de pedra (<4,8 mm). Salles *et al.* (2010), definem o pó de pedra como um rejeito da extração das britas, agregado utilizado em abundância na indústria da construção, que fica sem utilização nos pátios das pedreiras e sem adequada destinação, acarretando relativos impactos ambientais.

De acordo com Silva, Demétrio e Demétrio (2015), é crescente a utilização de areia de britagem (pó de pedra), tendo em vista a escassez de recursos naturais em algumas regiões do país. Podem ser atribuídas à utilização do pó de pedra em substituição da areia natural, vantagens econômicas e de sustentabilidade. A vantagem econômica tem relação com o seu valor unitário que é menor se comparado ao preço do agregado miúdo natural.

No município de Vila Velha - ES, Brasil, o pó de pedra é utilizado por algumas concreteiras, como parte do agregado miúdo, na produção de concretos convencionais e é usado em usinas de asfalto para a produção de CAP (Concreto Asfáltico de Petróleo), embora não se tenha notícia de um estudo da

resistência mecânica desses concretos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais utilizados

A água utilizada na composição dos concretos produzidos foi fornecida pelo sistema de distribuição do Laboratório de Materiais da Universidade Vila Velha que é abastecido pela rede pública. O cimento utilizado foi o do tipo CP III 40 RS, marca Campeão, adquirido no material de construção Bloconit, localizado em Vila Velha - ES, já classificado e embalado. Dos agregados naturais utilizados, foram coletados 160 Kg de brita 0 e 140 kg de brita 1 no pátio da mineradora Rydien, localizada na cidade de Vila Velha -ES e no estoque do material de construção Vimercat, localizado em Vila Velha -ES, foram coletados 100 Kg de areia. O pó de pedra utilizado foi doado pela mineradora Rydien, localizada na cidade de Vila Velha -ES, foram coletados no pátio da mineradora 200 kg de pó de pedra. O procedimento de amostragem seguiu o que determina a NBR NM 26: 2001, garantindo que as amostras tenham representatividade adequada.

3.2 Caracterização dos agregados

Os materiais foram encaminhados para o Laboratório de Matérias da Universidade Vila Velha, onde foram executados os ensaios de caracterização dos agregados miúdos, elencados na **Tabela 1**.

Tabela 1: Ensaios de caracterização dos agregados

Ensaio		Agregados		Norma Técnica
		Areia	Pó de pedra	
Granulometria	MF	2,01	2,32	ABNT NBR 248: 2003
	DMC (mm)	2,36	4,75	
Teor de finos (%)		2,5	11,0	ABNT NBR NM 46: 2003
Massa específica (Kg/m ³)		2614,98	2692,96	ABNT NBR NM 52: 2009
Massa unitária (Kg/m ³)		1530,41	1525,42	ABNT NBR NM 45: 2006
Inchamento	Inchamento médio	1,23	1,26	ABNT NBR 6467: 2009
	Umidade Crítica (%)	3,0	2,9	
Índice de vazios (%)		40,68	41,55	ABNT NBR NM 45: 2006

Fonte: Dos autores, 2018.

3.3 Mistura de concreto

3.3.1 Determinação do traço inicial

Com o objetivo de determinar um parâmetro fixo de referência, optou-se por adotar um traço genérico cuja as propriedades sejam conhecidas, nesse caso o traço empregado, foi o traço utilizado no Laboratório de Materiais da Universidade Vila Velha, cuja as características estão descritas na **Tabela 2**.

Tabela 2: Parâmetros do traço utilizado.

Materiais	Cimento	Areia	Brita 1	Brita 0	Água
Quantidade (Kg)	1,000	2,032	1,595	1,595	0,549
Resistência a compressão axial aos 28 dias (MPa)					25,0
Abatimento do tronco de cone (cm)					8,0 ± 2,0

Fonte: Dos autores, 2018.

3.3.2 Definição dos traços com proporção de pó de pedra

Com o intuito de encontrar uma melhor dosagem de pó de pedra na composição do concreto, foi desenvolvido um concreto sem substituição de areia natural por pó de pedra (TR0%) a fim de ser o concreto de referência e os demais, para comparação, com substituição de areia natural por pó de pedra de 20, 40, 60, 80 e 100%, nomeados respectivamente, TR20%, TR40%, TR60%, TR80% e TR100%.

3.3.3 Moldagem e cura dos corpos de prova

Após o procedimento de mistura do concreto de cada traço, foi feito o *slump test* para verificar a trabalhabilidade do concreto em seu estado plástico, visando medir a sua consistência e avaliar se está adequado para o uso que será destinado. Em seguida foram moldados, para cada traço indicado, 12 corpos de prova, seguindo os passos descritos na NBR 5738:2015. Um dia após a moldagem, os corpos de prova foram desmoldados, identificados e armazenados num tanque com água para realização da cura úmida, conforme determina a NBR 5738:2015. A **Figura 1** mostra o aspecto geral dos corpos de prova moldados.

Figura 1: Aspecto geral dos corpos de prova.



Fonte: Dos autores (2018).

3.4 Determinação da resistência a compressão

Com o intuito de garantir uma distribuição mais uniforme das cargas em suas superfícies, os corpos de prova passaram por um processo de retificação, que consiste na uniformização da superfície do corpo de prova. Após serem retificados, os corpos de prova foram devidamente medidos e submetidos ao ensaio de ruptura por compressão axial, conforme descrito na NBR 5739:2007, nas idades de 3, 7 e 28 dias, sendo rompidos quatro corpos de prova para cada idade e traço determinado.

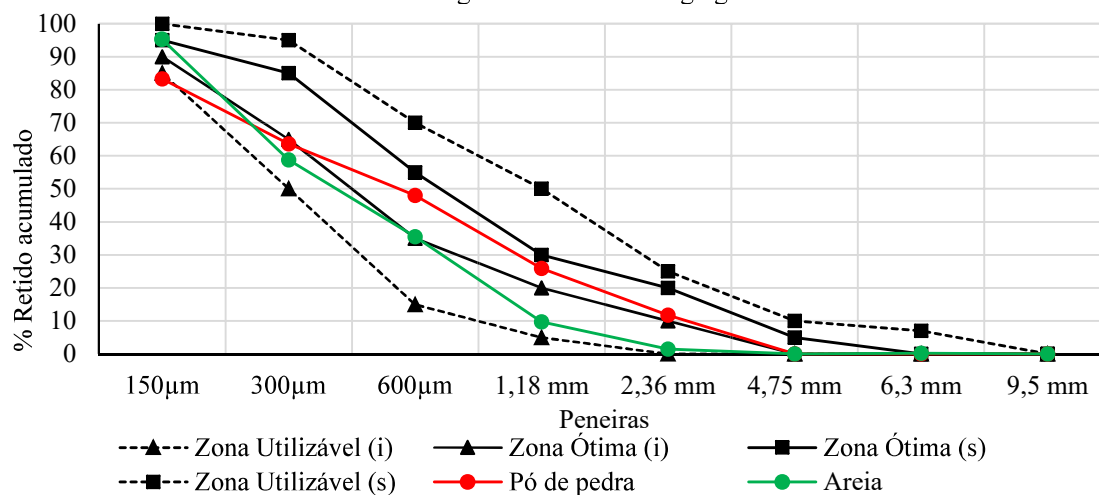
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão analisados e discutidos os resultados obtidos pelos ensaios realizados no capítulo anterior. Tendo como enfoque principal a análise dos resultados de resistência a compressão axial dos concretos TR, 20, 40, 60, 80 e 100% em relação ao concreto referência (TR0%), também serão analisados o abatimento do tronco de cone e a granulometria dos agregados utilizados nesses concretos.

4.1 Granulometria dos agregados

Com os resultados dos ensaios de granulometria dos agregados miúdos e os limites granulométricos determinados pela NBR NM s:2003, gerou-se a curva granulométrica dos mesmos (**Gráfico 1**), possibilitando um melhor entendimento acerca dos resultados obtidos.

Gráfico 1: Curva granulométrica dos agregados miúdos.



Fonte: Dos autores, 2018

Nota-se que a areia utilizada gerou uma curva granulométrica fora da zona ótima de utilização, porém dentro da zona utilizável. O pó de pedra, por sua vez, gerou uma curva dentro da zona ótima de utilização, com exceção da peneira com malha de 150µm, cujo a porcentagem retida foi de 83%, não atendendo o limite inferior da zona utilizável de 85%. Isso se deu devido ao teor de finos na composição do pó de pedra, que de acordo com ensaios realizados, foi de 11% da massa de amostra analisada.

4.2 Abatimento de tronco de cone

Após a realização dos ensaios de abatimento de tronco de cone, observou-se que a medida em que foi aumentada a proporção de substituição de pó de pedra na matriz do concreto, o abatimento diminuiu, acarretando numa perda de trabalhabilidade do concreto produzido. Esse efeito fica visível na **Figura 1**, onde observa-se que os corpos de prova moldados com concretos de menor trabalhabilidade apresentaram imperfeições devido à dificuldade de moldá-los.

Tabela 3: Valores de slump por traço.

Traço	Tr0%	Tr20%	Tr40%	Tr60%	Tr80%	Tr100%
Slump	21,0 cm	18,9 cm	6,5 cm	5,5 cm	0,0 cm	0,0 cm

Fonte: Dos autores, 2018.

Quando comparado os valores de abatimento obtidos nos ensaios (**Tabela 3**) com o valor de abatimento esperado (**Tabela 2**), nota-se que somente o TR40% ficou dentro do esperado, enquanto os demais não atenderam o valor pré-estabelecido, os TR, 0 e 20% ultrapassaram o limite superior de 10,0 cm enquanto os TR, 60, 80 e 100% não atingiram o limite inferior de 6,0 cm.

Segundo Neville e Brooks (2013), o principal fator que pode influenciar na trabalhabilidade do concreto é o teor de água da mistura, uma vez que pela simples adição de água a lubrificação entre as partículas é aumentada. Todavia a granulometria também deve ser considerada, pois partículas mais finas requerem mais água para a molhagem de suas grandes superfícies específicas.

Diante disso, pode-se inferir que umas das possíveis causas do aumento do abatimento do concreto deve-se aos materiais agregados, que foram coletados em um período chuvoso, aumentando o seu teor de umidade e, por consequência, aumentando a relação água/cimento do traço. Também pode-se concluir que o elevado teor de materiais finos contidos no pó de pedra, contribuiu para a diminuição do abatimento dos concretos à medida que a proporção de substituição de areia pelo pó de pedra aumentou.

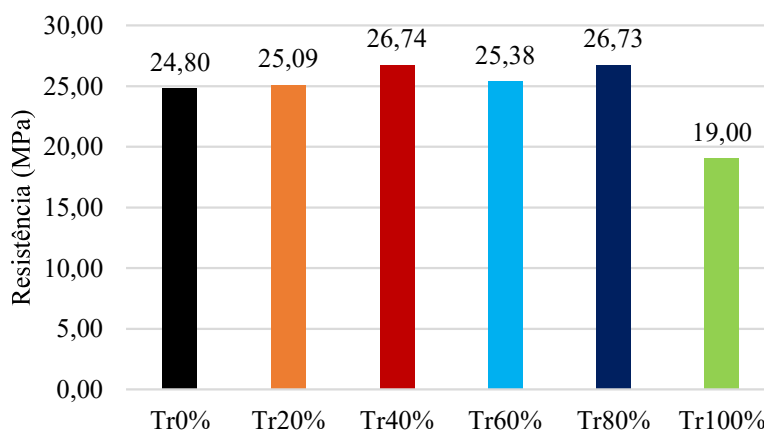
4.3 Resistência a compressão axial

Nesse tópico serão analisados e comparados os resultados, obtidos no item 3.4, de resistência à compressão axial dos concretos produzidos com substituição de areia natural pelo pó de pedra em comparação com o concreto referência.

4.3.1 Resistência à compressão axial aos 28 dias

Analisando a resistência média dos concretos com substituição de areia pelo pó de pedra aos 28 dias em relação ao referência, observa-se que houve um ganho de resistência à compressão axial de 7,8% do TR40%, de 7,8% do TR80%, de 2,3% do TR60% e de 1,2% do TR20%, o TR100% apresentou uma perda de 23,4%, conforme observa-se no **Gráfico 2**.

Gráfico 2: Resistência à compressão axial aos 28 dias.



Fonte: Dos autores, 2018.

Nota-se no **Gráfico 2** que o TR, 40 e 80% apresentaram valores equivalentes de resistência à compressão axial, ambos suportaram uma carga média de 26,7 MPa, o maior valor de resistência obtido dentre os concretos ensaiados. Já o TR100% se manteve com o menor valor de resistência à compressão axial, suportando apenas uma carga de 19,0 MPa.

Pode-se atribuir a esse desempenho ruim do TR100% à dificuldade em moldar os corpos de prova devido ao abatimento de tronco de cone nulo, e, pode-se inferir que o alto teor de materiais finos possa ter afetado a zona de transição entre a pasta cimentícia e os agregados, acarretando em perda de resistência mecânica.

Comparando o valor de resistência à compressão axial aos 28 dias do concreto referência com o parâmetro de resistência do traço, ao final dos 28 dias (**Tabela 2**), é possível concluir que o TR0% não atingiu o valor mínimo de resistência esperado de 25,0 MPa. Conforme Neville e Brooks (2013), um dos fatores que podem diminuir a resistência mecânica do concreto é o aumento da relação

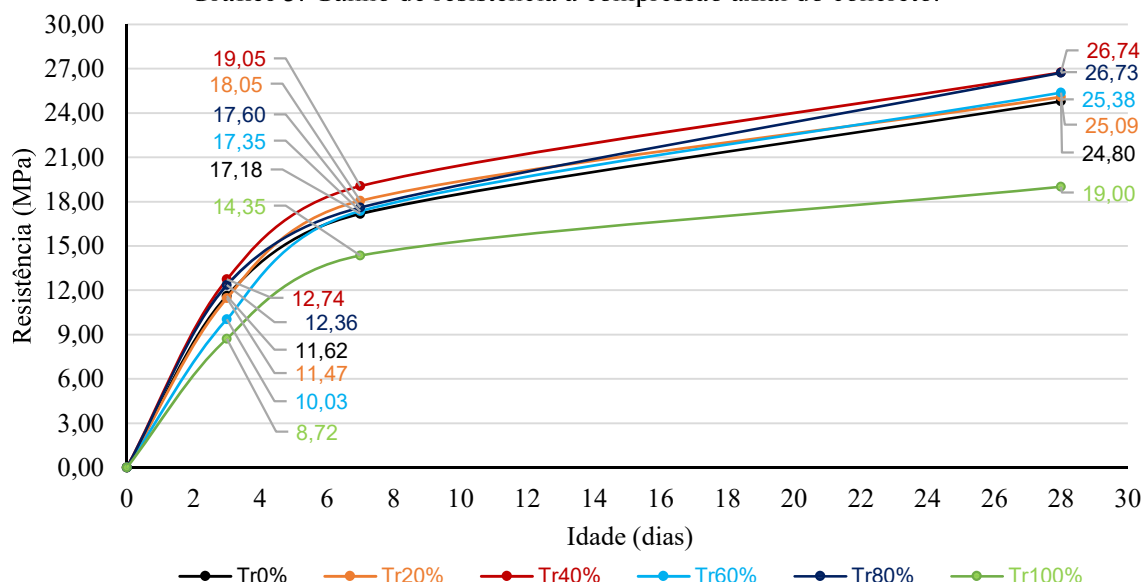
água/cimento. No caso do concreto referência o aumento da relação água/cimento ocasionado pelo teor de umidade presente nos agregados, pode ter sido um dos fatores que determinou a sua queda de resistência aos 28 dias.

4.3.2 Ganho de resistência à compressão axial

Ao analisar o ganho de resistência à compressão axial ao longo do tempo e tomando como referência a idade final de 28 dias, observou-se que os concretos apresentaram um ganho acentuado de resistência os 3 e 28 dias, exceto para o TR100% que teve maiores ganho de resistência aos 3 e 7 dias. O **Gráfico 3**, demonstra esse fenômeno com mais clareza.

Observa-se no **Gráfico 3** que o TR40% foi o concreto que obteve o maior ganho de resistência, aos 3 dias, em relação a sua resistência final aos 28 dias, o concreto que apresentou o maior ganho de resistência aos 7 dias, em relação a sua resistência final de 28 dias, foi o TR100% e o concreto que apresentou o maior ganho de resistência aos 28 dias foi o TR80%.

Gráfico 3: Ganho de resistência à compressão axial do concreto.



Fonte: Dos autores, 2018.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta análise teve como objetivo comparar a resistência mecânica de concretos feitos com substituição de 20, 40, 60, 80 e 100% de areia natural pelo pó de pedra em relação a resistência mecânica do concreto referência.

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se concluir que os concretos com substituição parcial da areia natural pelo pó de pedra nas proporções de 20, 40, 60 e 80% apresentaram, no geral, resistências mecânicas superiores ao do concreto referência, já o concreto com substituição total de areia pelo pó de pedra, devido ao alto teor de materiais finos, apresentou resistência inferior.

O pó de pedra apresentou uma quantidade considerável de materiais pulverulentos em sua composição, o qual absorve mais água que um material que não apresenta quantidades significativas de materiais finos em sua composição, dessa forma os concretos produzidos com pó de pedra apresentam

pouca trabalhabilidade, conforme foi evidenciado no item 4.2, mostrando que para uma melhor eficiência da utilização do pó de pedra como agregado miúdo, é necessário fazer um estudo de qual o melhor traço para se trabalhar com ele.

De acordo com o que foi apresentado nesta pesquisa, conclui-se que, aplicando um melhor controle durante a confecção do concreto, a substituição do agregado miúdo natural pelo pó de pedra se mostra como uma alternativa viável ao concreto convencional, apresentando-se como uma solução à exploração de jazidas naturais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Vila Velha pela disponibilidade e atenção nos laboratórios de Materiais e Geologia nos ensaios para obtenção dos resultados desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: 2015 - Concreto: procedimento para moldagem/ e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: 2007 - Concreto: ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6467: 2009 – Agregados: determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 26: 2009 – Agregados: amostragem. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: 2006 – Agregados: determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 46: 2003 – Agregados: determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: Agregado miúdo: determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

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

ALMEIDA, S. L. M. D.; SILVA, V. D. S. **Areia artificial**: uma alternativa econômica e ambiental para o mercado nacional de agregados. Anais do II SUFFIB - SEMINÁRIO: O Uso da Fração Fina da Britagem. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2005. p. 6. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/images/congressos/2005/CAC00180005.pdf>>. Acessado em: 02 de janeiro de 2018.

BERTOLINO, L. C. Geologia. in.: LUZ, A. B. D.; ALMEIDA, S. L. M. D. **Manual de agregados para a construção civil**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012.

BRASIL. LEI Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm>. Acessado em : 08/10/2018.

HOLSBACH, T. S. **Avaliação da substituição da areia natural por areia artificial em argamassa de cimento cal e areia para assentamento.** Ijuí. 2004. Disponível em: <http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/tccs/tcc-titulos/2004/Avaliacao_da_Substituicao_da_Areia_Natural_Por_Areia_Artificial_em_Argamassa_de_Cimento_Cal_e_Areia_Para_Assentamento.pdf>, acessado em: 04 de outubro de 2017.

LUZ, A. B. D.; ALMEIDA, S. L. M. D. **Manual de agregados para a construção civil.** 2ª. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** 3. ed. São Paulo: IBRACON - Instituto Brasileiro de Concreto, 2008.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

SÁ, M. das V. V. A. de. **Influência da substituição de areia natural por pó de pedra no comportamento mecânico, microestrutural e eletroquímico de concretos.** UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2006.

SALLES, F. M.; MENOSSI, R. T.; MELGES, J. L. P.; AKASAKI, J. L.; CAMACHO, J. S.; FAZZAN, J. V.; TASHIMA, M. M. **Pó de pedra: uma alternativa ou um complemento ao uso da areia na elaboração de misturas de concreto.** HOLOS Environment, v. 10, p. 209, 2010. ISSN 1519-8634.

SANTANA, J. A. **Viabilidade do uso de resíduos de britagem em concretos de estruturas pré-fabricadas em salvador.** UFBA - Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2008. Disponível em: <http://www.ppec.ufba.br/site/system/files/2008_Jarilson%20Santana.pdf>, acessado em: 04 de outubro de 2017.

SANTOS, R. E. D. **A armação do concreto no Brasil: história da difusão do sistema construtivo concreto armado e da construção de sua hegemonia.** UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2008. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/FAEC-84KQ4X/2000000140.pdf?sequence=1>>, acessado em: 04 de outubro de 2017.

SILVA, L. S.; DEMETRIO, J. C. C.; DEMETRIO, F. J. C. **Concreto Sustentável: Substituição da Areia Natural por Pó de Brita para Confecção de Concreto Simples.** 5th International Workshop: Advances in Cleaner Production – Academic Work. São Paulo: [s.n.]. 2015. p. 12. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/files/sessoes/5A/1/silva_ls_et_al_academic.pdf>, acessado em: 04 de outubro de 2017.