

INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIÚDO NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO

C. M. M. A. e Silva¹; E. N. M. G. Pinto²; M. M. L. Pereira³; I. P. D. Silva⁴; K. C. Cabral⁵

¹UFERSA - Caraúbas; ²UFERSA - Caraúbas; ³UFERSA - Caraúbas; ⁴UFERSA - Caraúbas; ⁵UFERSA - Angicos
Rua Professor José Gurgel, 3025, Capim Macio – Natal/RN -
erica.gurgel@ufersa.edu.br

RESUMO

O concreto é composto por cimento Portland, agregado miúdo, agregado graúdo e água. Alguns estudos apontam o uso de pó de pedra como agregado miúdo no concreto, porém, é importante desenvolver uma série de estudos teórico-científicos para que se possa otimizá-lo e atender a resistência à compressão requerida, onde em muitos casos é reduzida por causa do elevado número de vazios existentes na pasta. Para reduzir o número de vazios na pasta, é importante estudar a granulometria dos grãos do agregado miúdo. Esse trabalho possui como objetivo estudar a otimização dos grãos do pó de pedra para obter uma melhor resistência à compressão do concreto. Foram produzidos e analisados três traços com diferentes tipos de areias artificiais obtidas do pó de pedra. Concluiu-se que a substituição da areia natural pelo pó de pedra, assim como as composições granulométricas analisadas, não interferiram nas propriedades do concreto, principalmente na resistência à compressão.

Palavras-chave: *Composição granulométrica, pó de Pedra, resistência à compressão.*

INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais de construção mais antigos da construção civil. É composto por um aglomerante hidráulico – cimento Portland, agregado miúdo, sendo comumente utilizado a areia natural, agregado graúdo e água, podendo ainda conter adições e aditivos químicos.

Esse material é aplicado nos mais diversos campos, como na construção de edifícios, casas, pontes, torres, rodovias, estádios de futebol, usinas hidrelétricas e nucleares, em obras de saneamento, plataformas petrolíferas entre outras.

O concreto possui um uso amplamente disseminado. De acordo com Bastos (2002)⁽¹⁾, isso é resultado de suas propriedades técnicas, como boa resistência à compressão, excelente resistência à água, possibilidade de produzir peças de diferentes geometrias e capacidade de incorporar reforços para resistir à tração e ao cisalhamento, contando ainda com as vantagens de seu baixo custo, em relação aos demais materiais empregados para produzir estruturas. Porém, todas essas características dependem da qualidade dos materiais empregados.

Devido ao uso progressivo do concreto, acarretado pelo crescimento intenso na construção civil, há uma crescente demanda por insumos, entre eles da areia natural, que é o agregado miúdo tradicionalmente utilizado.

Entretanto, a exploração desse recurso natural trás impactos à natureza, o que gera uma série de restrições estipuladas pelos órgãos ambientais, tendo em vista que a extração desacerbada de jazidas agride as calhas naturais dos rios, levando a um aumento da vazão de água e acelerando o processo de erosão das margens, assim como a retirada da cobertura vegetal dessas áreas, o que torna o solo estéril, sem crescimento de vegetação e sem possibilidade de recomposição do ambiente explorado (TEODORO, 2013)⁽²⁾.

Diante desse fato, a atual legislação vem obrigando os produtores a buscar técnicas de gerenciamento de extração e até de interdição de jazidas que está fora dos padrões estabelecidos, o que torna necessária a busca por materiais que possam vir a substituir a areia.

Diversos estudos apontam o uso de materiais alternativos para que possam substituir o uso desse agregado natural total ou parcialmente, na produção do concreto, onde um desses materiais é o pó de pedra.

O pó de pedra, que é a areia artificial obtida a partir da britagem de rochas, mostra-se ser uma alternativa viável para a substituição da areia natural na fabricação do concreto. Além de ser encontrado facilmente em grandes proporções nos centros de britagens, na maioria das vezes não possuem outra destinação além do descarte, o que o torna economicamente viável para sua utilização.

De acordo com Almeida (2005)⁽³⁾ e Valverde (2001)⁽⁴⁾, nos grandes centros urbanos brasileiros essa alternativa já vem sendo colocada em prática, embora que notoriamente em poucas proporções. Ainda de acordo com os autores, no estado de São Paulo, por exemplo, apenas 9% das areias utilizadas no concreto são dessa origem.

Porém, para fazer a utilização adequada dessa areia artificial é importante desenvolver uma série de estudos teórico-científicos para que se possa otimizá-la, podendo dessa forma superar o impasse principal do concreto que é a resistência à compressão, onde em muitos casos é reduzida por causa do elevado número de vazios existentes na pasta.

Para que o número de vazios na pasta do concreto seja reduzido e com isso se consiga desenvolver elevadas resistências à compressão, é importante estudar o empacotamento das partículas do pó de pedra, ou seja, analisar a granulometria dos grãos do agregado miúdo e estabelecer composições granulométricas que melhor atendam a resistência requerida.

Portanto, esse trabalho tem como objetivo estudar a otimização dos grãos do pó de pedra para que se obtenha uma melhor resistência à compressão do concreto.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada nesse trabalho foi experimental e ainda com métodos comparativos, com o objetivo de selecionar três granulometrias distintas de pó de pedra e através destas formar três combinações de areia artificial com porcentagens diferentes de cada dimensão de grão. A partir disso, verificou-se qual foi a areia artificial que proporcionou melhor resistência à compressão do concreto.

Os materiais utilizados foram CP II Z – 32 (Cimento Portland Composto com Pozolana) da marca Apodi, areia natural proveniente da zona rural de Caraúbas – RN, pó de pedra de origem granítica oriundo da Pedreira Potiguar (localizada no município de Caraúbas – RN), brita granítica de 12 mm (denominada brita 0) e água potável (proveniente da rede pública de abastecimento do município de Caraúbas – CAERN).

Para a caracterização dos agregados realizou-se os seguintes ensaios:

- Ensaio de granulometria – NBR 7217/1987⁽⁵⁾
- Massa específica do agregado miúdo – NBR 9776/1987⁽⁶⁾
- Massa específica do agregado graúdo – NBR NM 53/2009⁽⁷⁾
- Massa unitária dos agregados miúdos e graúdo – NBR NM 45/2006⁽⁸⁾
- Determinação da umidade – DNER- ME 052/94⁽⁹⁾

A granulometria do pó de pedra a ser utilizado no concreto foi definida através de uma seleção, onde pesou-se 10 kg desse agregado e realizou-se uma análise

granulométrica com essa quantidade. A partir desses dados, foram selecionadas para compor areias artificiais para serem utilizadas no concreto, as três quantidades maiores de pó de pedra que ficaram retidas nas peneiras analisadas, conforme a tabela 1.

Tabela 1: Dimensão e composição dos agregados do pó de pedra que compõem as areias artificiais.

NOMENCLATURA	PÓ DE PEDRA – GRANULOMETRIA		
	1,18 mm	600 µm	125 µm
Areia artificial – T1	34%	33%	33%
Areia artificial – T2	50%	30%	20%
Areia artificial – T3	30%	30%	40%

Fonte: Autor, 2016.

O traço a ser utilizado no trabalho foi definido a partir do livro de Silva (1975)⁽¹⁰⁾, onde este possui 120 traços diferentes que são preparados com os agregados como a brita e a areia natural, sendo as dosagens testadas para várias finalidades. O traço escolhido para a realização desse trabalho, teoricamente apresenta uma resistência de 15 MPa à 45 MPa, brita 1 e sem aditivo plastificante. Porém, nesse caso não foi possível utilizar a brita 1 em função do tamanho dos corpos-de-prova, sendo substituída pela brita 0. De acordo com essa dosagem, fixou-se a relação água/cimento e a quantidade de brita, variando apenas a substituição da areia pelo pó de pedra com granulometria pré-definida. Os valores de composição unitária em peso de cada material são apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Composição unitária do traço tomado como base para a análise.

Material	Composição unitária em peso (kg/m³)
Brita 0	1038
Areia seca / pó de pedra	791
Cimento	302
Água	211
Fator A/C	0,70

Fonte: SILVA, 1975.

Para produzir os traços de concreto foi utilizada uma betoneira de eixo inclinado, com capacidade de 150 litros, seguindo a sequência padrão de mistura dos materiais.

Com o concreto fresco foi realizado o ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone, conforme a NBR NM 67/1998⁽¹¹⁾. Os procedimentos para moldagem e cura dos corpos de prova foram baseados na NBR 5738/2015⁽¹²⁾, sendo complementados pela NBR NM 33/1998⁽¹³⁾. Já o ensaio de resistência à compressão de corpos-de-prova cilíndricos foi realizado de acordo com a NBR 5739/2007⁽¹⁴⁾, para a idade de 7 dias. Foi executado na máquina EMIC SSH300 - prensa servo-hidráulica com corpos-de-prova com dimensões de 100 x 200 mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os ensaios realizados, serão apresentados a seguir os resultados obtidos, levando em consideração a análise das variáveis estudadas, observando a influência da composição granulométrica do pó de pedra nas propriedades do concreto, em especial na resistência à compressão.

Ensaio de determinação da composição granulométrica

Analisando os dados obtidos pelo ensaio de composição granulométrica da areia natural, foi possível determinar o módulo de finura (MF) desse agregado, sendo seu valor correspondente a 2,34. Já a dimensão máxima característica ($D_{máx}$) da areia natural foi equivalente a 1,18 mm.

Em relação ao pó de pedra, seu módulo de finura (MF) foi equivalente a 1,69 e sua dimensão máxima característica ($D_{máx}$) correspondeu à 2,36 mm.

Tanto a areia natural utilizada no traço referência, como o pó de pedra foram caracterizados como agregado miúdo fino, pois o módulo de finura de ambos foi menor que 2,40. Em relação à dimensão máxima característica, a da areia foi de 1,18 mm e a do pó de pedra foi de 2,36 mm, o que significa dizer que são os maiores diâmetros presentes nas amostras.

Ensaio de determinação das massas específicas dos agregados e das massas unitárias

A areia natural utilizada no traço referência obteve uma massa específica de 2,56 g/cm³, já a massa específica do pó de pedra correspondeu a 2,64 g/cm³.

De acordo com os resultados, pode-se dizer que o pó de pedra possui uma massa superior a massa da areia, levando em consideração um mesmo volume.

Assim, a massa real do pó de pedra (desconsiderando os vazios existentes) é maior por volume do que a da areia, o que indica que esses resultados interferem no dimensionamento do traço.

O valor da massa específica do agregado graúdo correspondeu a $2,64 \text{ g/cm}^3$. Semelhante à massa específica do pó de pedra, esse valor corresponde a massa que a brita 0 vai ocupar em um volume conhecido, sem considerar os vazios existentes, ou seja, corresponde a sua massa real relacionado a um determinado volume.

Em relação à massa unitária, a areia natural obteve um valor de $1429,17 \text{ kg/m}^3$, o pó de pedra de $1305,6 \text{ kg/m}^3$ e a brita 0 chegou a uma massa unitária de $1339,8 \text{ kg/m}^3$. De acordo com os resultados, observou-se que a areia natural foi o agregado que apresentou o maior valor de massa unitária, o que significa dizer que a areia sendo analisada com o volume de vazios incluso na sua amostra, possui uma maior massa em relação ao mesmo volume ocupado, comparado aos demais agregados.

Ensaio de determinação da umidade com o emprego do “speedy”

Com relação à determinação da umidade com o uso do “speedy”, foi possível observar não houve nenhum deslocamento no marcador do manômetro no momento dos ensaios, o que significa que não houve o surgimento de pressão e conseqüentemente não havia umidade em nenhuma das amostras, tanto na areia natural como no pó de pedra. Desta forma, observou-se que os agregados miúdos estavam isentos de umidade, o que fez com que não houvesse necessidade da adequação do traço em relação ao fator água/cimento.

Determinação da consistência do concreto

Observou-se neste ensaio que no traço referência (utilizando areia natural) não houve abatimento. No traço denominado como “T1” também não ocorreu abatimento, já no traço “T2” houve um abatimento de 5 mm e no “T3” não observou-se abatimento. De acordo com os resultados obtidos, notou-se que em todos os traços o concreto estava bem consistente, o que quer dizer que a substituição pelo pó de pedra não comprometeu a consistência da pasta, já que estas foram altas.

Ensaio de resistência à compressão

A tabela 3 apresenta a média das resistências à compressão dos corpos-de-prova de concreto aos 7 dias de idade.

Tabela 3: Média da resistência à compressão obtida pelos corpos-de-prova aos 7 dias de idade.

Corpo-de-prova	Média da Resistência à compressão (MPa)
T	12,83
T1	12,96
T2	12,52
T3	12,66

Fonte: Autor, 2016.

Como é possível observar na tabela 3, a média da resistência à compressão dos corpos-de-prova “T” correspondeu à 12,83 MPa. Este trata-se do traço referência, ou seja, utilizando areia natural como agregado miúdo.

Os corpos-de-prova “T1” corresponde ao traço com pó de pedra melhor graduado, o que provavelmente favoreceu para a obtenção de uma maior resistência à compressão, devido ao melhor preenchimento dos vazios.

Os corpos-de-prova “T2” obtiveram uma resistência à compressão satisfatória em relação ao referência. O traço utilizado na moldagem possuía uma maior quantidade de pó de pedra com a granulometria máxima (entre as granulometrias utilizadas) do que os outros corpos-de-prova. A resistência à compressão de cada corpo-de-prova nesse traço se manteve constante, estando basicamente na mesma faixa de valores.

Os corpos-de-prova “T3” obtiveram uma média de resistência à compressão maior que “T2”. O traço utilizado para moldar os corpos-de-prova “T3” teve em sua composição pó de pedra como agregado miúdo. A composição granulométrica do pó de pedra no “T3” foi 30% de partículas com 1,18 mm, 30% com 600 µm e 40% com grãos de 125 µm. O fato da média de resistência à compressão do “T3” ter sido maior do que no “T2”, provavelmente se deu pela quantidade de partículas finas serem superiores no “T3”, o que favoreceu um melhor preenchimento nos vazios existentes.

De acordo com a tabela 3, a maior média de resistência à compressão foi obtida pelos corpos-de-prova “T1”, porém a diferença entre as médias de resistência à compressão obtida pelos corpos-de-prova foi mínima.

CONCLUSÃO

Analisando as propriedades do concreto, notou-se que a substituição da areia pelo pó de pedra, assim como a granulométrica dos agregados miúdos não interferiram na resistência, ou seja, independentemente da composição granulométrica esse agregado artificial pode ser utilizado no concreto, pois de acordo com esse estudo todas as composições granulométricas se aproximaram bastante da resistência obtida pelo concreto convencional (com areia natural).

Desta forma, visando a redução dos impactos ambientais causado extração desacerbada de jazidas e o aproveitamento do pó de pedra provenientes dos centros de britagem (que na maioria das vezes são descartados), se ver como uma alternativa viável a substituição da areia natural pelo pó de pedra, considerando-se esta como uma solução econômica e que atende os mesmos requisitos relacionados à resistência que a areia natural no concreto.

REFERÊNCIAS

- (1) BASTOS, S. R. B. **Uso da areia artificial basáltica em substituição parcial à areia fina para produção de concretos convencionais**. Dissertação de Mestrado UFSC, 2002.
- (2) TEODORO, S. B. **Avaliação do uso da areia de britagem na composição do concreto estrutural**. Juiz de Fora, 2013.
- (3) ALMEIDA, S. L. M. et al. **Produção de areia manufaturada em usina piloto**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral – Ministerio da Ciencia e Tecnologia, 2005.
- (4) VALVERDE, F. M. **Agregados para a construção civil: Balanco Mineral Brasileiro**, São Paulo: Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para a Construção, 2001.
- (5) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217: **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 1987.
- (6) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9776: **Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman**. Rio de Janeiro, 1987.
- (7) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53: **Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2009.

- (8) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: **Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.
- (9) DNER-ME 052: **Solos e agregados miúdos – determinação da umidade com emprego do “Speedy”**. 1994.
- (10) SILVA, G. R.. **Manual de traços de concreto**. 3.ed. São Paulo: Ed. Nobel, 1975. 113 p Número de Chamada: 620.136 S586m, 1975.
- (11) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.
- (12) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2015.
- (13) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 33: **Concreto – Amostragem de concreto fresco**. Rio de Janeiro, 1998.
- (14) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

Particle size of the influence of aggregate Kid on Concrete Properties

ABSTRACT

Concrete is composed of Portland cement, fine aggregate, coarse aggregate and water. Some studies suggest the use of stone powder as fine aggregate in concrete, however, it is important to develop a series of theoretical and scientific studies so that we can optimize it and meet resistance required compression, which in many cases is reduced because the large number of existing empty folder. To reduce the number of empty folder, it is important to study the grain size of the fine aggregate grains. This work aims to study the optimization of stone dust grains for better strength of concrete compression. They were produced and analyzed three lines with different types of sands obtained artificial stone powder. It was concluded that substitution of the natural sand stone powder, and the particle size analyzed compositions, did not affect the properties of concrete, especially the compressive strength.

Keywords: *Composition granulometric, Stone powder, Compressive strength.*