

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM CONCRETO DOSADO COM RESÍDUO DE PÓ DE BRITA

Bruno Rayner Milhomens Araújo¹
Matheus Henrique de Souza Barbosa¹
Roberto Cabelyn Junio Godói Gomes¹
Pietro Maria Silva Rossi²
Daniel Martins³
Aedjota Matos de Jesus⁴

RESUMO: A Construção civil é um dos maiores consumidores de matéria-prima natural, já que o concreto é considerado o material mais utilizado no mundo atualmente, e com isso surge a preocupação com a preservação ambiental. Diante deste cenário é impetuosa a necessidade de se explorar novos recursos a fim de substituir o uso de uma das principais matérias-primas naturais por resíduos. Neste sentido, o objetivo deste estudo é avaliar a resistência à compressão de concretos dosados com substituição parcial de agregado miúdo por pó de brita. Para tanto, avaliou-se a granulometria dos materiais e estatisticamente a resistência média dos concretos. A partir do estudo foi possível concluir que é possível fazer a substituição parcial da areia natural pelo pó de pedra em 20% sem alterar significativamente a resistência do concreto, trazendo com isso benefícios tanto ambiental quanto técnico.

Palavras-chaves: Pó de brita. Areia Natural. Concreto. Agregado miúdo.

EVALUATION OF RESISTANCE TO COMPRESSION IN CONCRETE DOSED WITH WASTE DUST

ABSTRACT: Civil construction is one of the biggest consumers of natural raw material, since concrete is considered the most used material in the world today, and with that comes the concern with environmental preservation. In view of this scenario, there is a need to explore new resources in order to replace the use of one of the main natural raw materials with waste. In this sense, the objective of this study is to evaluate the compressive strength of metered concretes with partial replacement of fine aggregate by crushed powder. For this, the granulometry of the materials and the average strength of the concrete were statistically evaluated. From the study it was possible to conclude that it is possible to partially replace natural sand with stone powder by 20% without significantly altering the strength of the concrete, thereby bringing both environmental and technical benefits.

Keywords: Grit. Natural sand. Concrete. Small household.

¹ Acadêmicos do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Ouro Preto do Oeste.

² Graduado em Engenharia Civil pela Faculdade de Rondônia.

³ Doutorando pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Professor da Faculdade de Rondônia.

⁴ Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas. Professor da Faculdade de Ouro Preto do Oeste. E-mail: aedjota@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil existem vários métodos para a concepção estrutural de uma edificação, porém, os métodos predominantemente utilizados atualmente são aqueles que fazem uso do concreto para construção das estruturas, principalmente devido o material apresentar características como elevada resistência mecânica e durabilidade (BARBOSA et al., 2019).

Um dos fatores que interferem nas propriedades do concreto é a composição dos agregados, todavia, devido à grande demanda desse material na construção civil para produção de concreto, tem-se gerado custos ambiental e econômico para sociedade. O custo ambiental ocorre em função da retirada da areia da natureza gerando degradação. Já o custo econômico se deve aos gastos gerados na busca por novas jazidas (DRAGO; VERNEY; PEREIRA, 2009).

Posto isso, houve necessidade da procura de novos materiais e métodos para produção de concreto na construção civil, como a substituição da areia natural por resíduo de pó de pedra, que tem sua principal vantagem ligada ao aspecto ambiental (MENOSSI, 2004). O resíduo de pó de pedra é oriundo do processo de britagem de rochas utilizadas como agregado graúdo para produção de concreto. E o uso desse resíduo representa uma solução alternativa econômica e ambiental para que se possa reduzir o uso da areia natural (FACHINETTO, 2016).

A utilização do pó de brita na dosagem do concreto como agregado é viável, uma vez que se obtém um ganho sustentável ao aproveitar esse componente, minimizando as retiradas das jazidas de areia natural e melhorando o cenário de escassez (BRITO, 2019). É possível verificar também uma funcionalidade na adição de faixas de granulometrias menores de pó de pedra na confecção de concretos de alta resistência (CAR) e alto desempenho (CAD) para maiores ganhos de resistência mecânica (BARBOSA et al., 2019).

Neste sentido, o objetivo deste estudo é avaliar a resistência à compressão de concretos dosados com substituição parcial de agregado miúdo por pó de brita. Para tanto, desenvolveu-se a dosagem dos concretos e comparou-se resistência à compressão de concretos dosados com diferentes proporções de pó de brita.

2 METODOLOGIA

2.1 Materiais

Para a produção dos concretos foram utilizados o cimento Portland CP II E-32, agregado miúdo, agregado graúdo, resíduo de pó de pedra e água da rede de abastecimento coletada do laboratório da faculdade UNEOURO.

Como agregado miúdo foi utilizado areia natural de quartzo retirada do Rio Jaru, que foi seca em estufa, homogeneizada e em seguida passado pela peneira de malha 4,75 mm, sendo retirada toda a parte superior a essa malha. O agregado graúdo utilizado foi a brita basáltica com diâmetro máximo de 19 mm, também conhecida no mercado como brita 1. Já o resíduo de pó de brita é oriundo do processo de britagem de rochas basálticas. Todos esses materiais granulares foram obtidos Areal Beira Rio localizado em na cidade de Jaru/RO.

2.2 Planejamento experimental

Visto que estudo realizado por Menossi (2004) apontou que as substituições superiores a 25% de agregado miúdo por resíduo de pó de pedra promovem mudanças significativas nas propriedades do concreto, quando comparado com concreto sem substituição de agregado, optou-se em realizar a substituição parcial do agregado miúdo natural por pó de brita nas proporções de 0, 10 e 20%.

Para dosagem dos concretos utilizou-se o método ABCP, no qual foram dosados para atingir a resistência característica de 25 MPa. Na tabela 1 tem-se o quantitativo de cada material utilizado na dosagem.

Tabela 1- Quantidade de material utilizado para dosagem dos concretos

Concreto	Substituição do agregado miúdo	Materiais em quilograma (kg)				Água (kg)
		Cimento	Areia	Brita	Pó de pedra	
C0	0%	5,79	8,89	13,67	0	2.96
C10	10%	5,77	8,42	13,62	0,30	2.94
C20	20%	5,86	7.61	13,82	0,62	2.98

Observa-se que o concreto C0 não possui substituição do agregado miúdo por pó de brita, já o concreto C10 tem 10% do agregado miúdo substituído por pó de brita,



enquanto que o concreto C20 possui 20% do agregado miúdo substituído por pó de brita.

Pode-se notar que na medida em que se aumenta a substituição do agregado miúdo por pó de brita, aumenta-se também o volume de água utilizado. Isso acontece devido o teor de finos na areia de britagem, e pela forma dos grãos, mais ásperos. Em resultados de estudos experimentais, Bonavetti et al. (1994), conclui também que a demanda de água cresce com a proporção de pó de brita, em consequência do aumento da superfície a ser umedecida.

2.3 Ensaio de caracterização e preparo do concreto

O agregado miúdo e o resíduo de pó de brita foram caracterizados por meio do ensaio de granulometria por peneiramento, conforme orienta a norma NBR 7211 (ABNT, 2005). Para tanto, separadamente os materiais foram colocados na estufa a 105°C e deixado lá por 24 horas. Após 24 horas colocou-se 1,5 kg de cada material no vibrador mecânico para o peneiramento do agregado e assim poder determinar a massa retirada de cada peneira da série normal. Os dados foram tabulados no Excel, e feito à curva granulométrica, conforme orienta a norma NBR NM 248 (ABNT, 2003).

Os concretos foram preparados manualmente em um caixote metálico de capacidade 100 litros com auxílio de uma enxada, o qual se procedeu da seguinte maneira: primeiramente foi preparado o concreto convencional (C0) onde, espalhou-se uma camada de areia de aproximadamente 15 cm, em seguida adicionou-se o cimento e com a ajuda de uma enxada misturou-se bem até ficar homogêneo. Logo após, espalhou-se a mistura formando uma camada de aproximadamente 20 cm e então com a ajuda da enxada foi feita uma abertura no centro e foi adicionado aos poucos a água, mantendo os movimentos de mistura para evitar que o líquido escorresse e até o concreto obter consistência.

O mesmo processo foi repetido para o preparo do concreto C10 e C20, porém após a mistura do cimento com a areia foram adicionados 10% e 20% de pó de brita respectivamente, conforme orienta a norma NBR 7211 (ABNT, 2005).

Foram moldados 15 corpos de prova sendo estes 5 para cada dosagem utilizada neste estudo. Para tanto, foram utilizados moldes cilíndricos metálicos de 100

mm de diâmetro e 200 mm de comprimento. Após o preparo do concreto, o mesmo foi colocado em cilindros em três camadas com partes iguais onde cada camada recebeu 12 golpes com uma haste de metal e foram deixados em cura por 24 horas, conforme orienta a norma NBR 5738 (ANBT, 2003).

Após a cura submersa por 28 dias, os corpos de provas de concreto foram submetidos ao ensaio de compressão axial. Para tanto foi utilizada uma prensa hidráulica automática com capacidade de carga de 20 toneladas. Utilizou-se a prensa hidráulica e aplicou-se um carregamento velocidade média de 0,5 MPa/s, conforme orienta a norma NBR 5739 (ABNT, 1994).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 tem-se a curva granulometria da areia natural e do pó de brita, no qual observar-se que tanto a areia natural, quanto o pó de brita possuem uma granulometria adequada, estando dentro dos limites estabelecidos pela NBR 7122 (ABNT, 2005) para faixa granulométrica da zona utilizável.

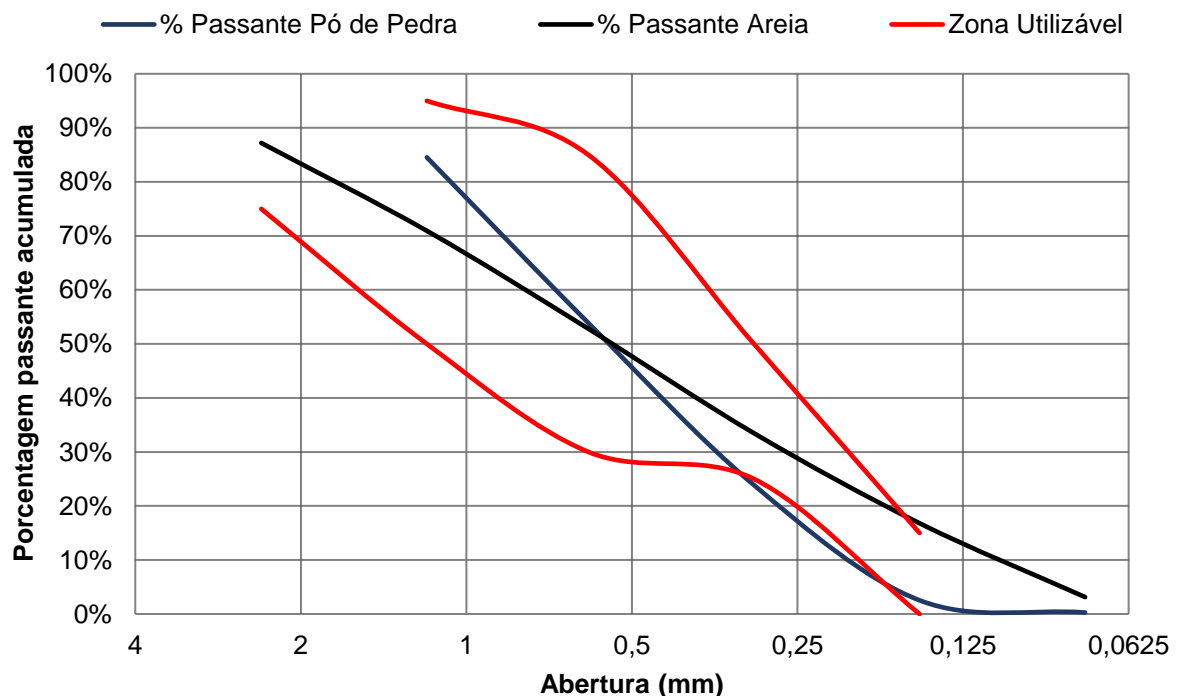


Figura 1 - Curva Granulométrica da areia natural e pó de brita.



O módulo de finura da areia natural e do pó de brita foram 3,35 e 3,34 mm, respectivamente, portanto podem ser classificados como agregados miúdos grossos, pois possuem o módulo de finura superior a 3,30 mm. Já em relação ao diâmetro máximo, da areia natural foi equivalente a 2,36 mm, enquanto do pó de pedra foi de 1,18 mm.

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão dos concretos estão dispostos na tabela 2, no qual nota-se que nenhum corpo de prova atendeu a resistência de dosagem estabelecido em 25 MPa.

Tabela 2- Resistência à compressão dos corpos de prova de concreto

Concretos	C0	C10	C20
	23,36	20,00	21,00
Resistência à compressão 28 dias (MPa)	22,50	20,10	21,35
	21,04	20,33	22,01
	21,44	19,26	21,75
	21,85	20,07	21,96
Média	22,05	19,95	21,61

Visto que as resistências médias à compressão dos concretos foram menores que a resistência de dosagem, estima-se que é necessário corrigir o modelo de dosagem utilizado neste estudo.

Para melhor ilustrar os resultados, a figura 2 tem-se o gráfico com as resistências médias dos concretos, no qual se observa que o concreto C0 apresenta uma maior resistência a compressão.

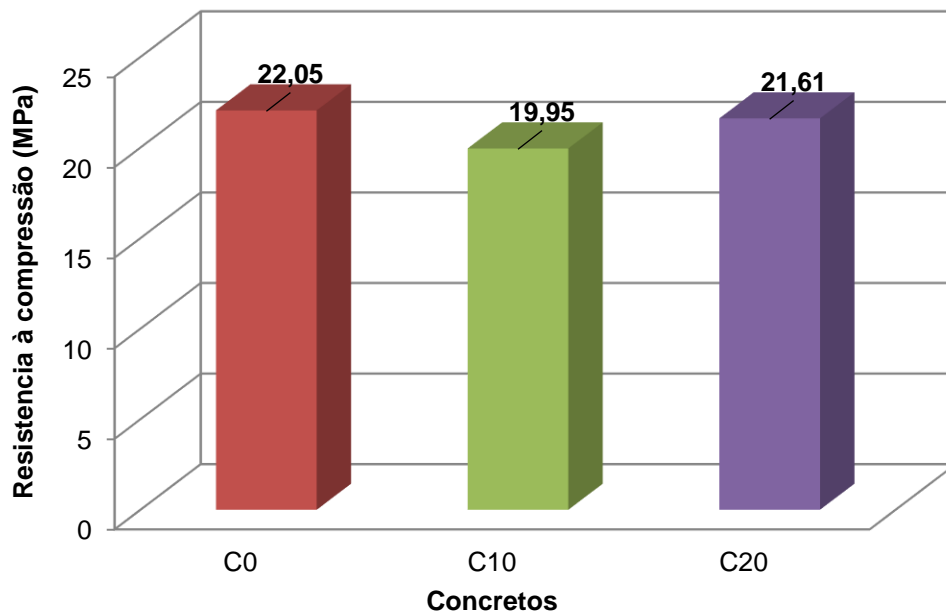


Figura 2 – Resistência média à compressão dos concretos aos 28 dias

Pode-se verificar que quando adicionado 10% de pó de pedra ele se torna menos resistente que o convencional, porém quando adicionado 20% de pó de pedra, ele tende em sua maioria ser um pouco mais se aproximando do convencional.

Bastos (2002), em seu estudo sobre a substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos britados e concretos, verificou que quanto maior o teor de substituição de areia natural, maior é a resistência à compressão e à tração. Menossi (2004), também concluiu que por mais que a demanda de água seja maior quando se substitui uma parte de areia por pó de pedra, a resistência à compressão aumenta, chegando a ser 66% superior ao do concreto produzido apenas com areia natural.

Para complementar os resultados foi feita uma análise estatística a partir dos dados coletados no ensaio. Para tanto, realizou a análise de resíduo (ANOVA) que tem como objetivo verificar se ocorreu alguma variância significativa ou algum erro nos resultados. Os resultados encontrados nessa análise estão dispostos na tabela 3.



Tabela 3 -Resumo da análise de resíduo feito por meio da ANOVA

FV	SQ	GL	QM	F
Entre	12,05	2	6,125	17,90
Dentro (resíduo)	3,08	9	0,342	-
Total	15,33	11	-	-

FV: Fonte de variação; SQ: Soma de quadrados; GL: Grau de liberdade; QM: Quadrado médio; F:fator do teste.

Constata-se $F_{\text{calculado}}$ (17,90) é maior que F_{tabelado} (4,50) com nível de significância de 5%, portanto rejeita-se a hipótese nula e estima-se que existe pelo menos uma diferença entre médias de resistência à compressão dos concretos dosados neste estudo.

Neste sentido, realizou-se um teste complementar para avaliar quais médias são diferentes, no qual optou-se em realizar o teste de Tukey com nível de significância de 5% e o resultado está disposto na tabela 4.

Tabela 4: Resultado do teste de Tukey para a resistência à compressão

Comparação	Média amostral	Diferença mínima significativa	Conclusão
C0 e C10	2,20	1,12	C0 é diferente de C10
C0 e C20	0,34	1,12	C0 não é diferente de C20
C10 e C20	0,20	1,12	C10 não é diferente de C20

Com nível de confiança de 95% é possível afirmar que o concreto C20 tem resistência média igual ao do concreto C0 e C10, enquanto que a resistência média do concreto C0 é diferente do C10. Portanto, substituição de 20% de agregado miúdo por resíduo de pó de pedra não altera significativamente a resistência à compressão do concreto quando comparado com concreto sem substituição.

4 CONCLUSÃO

O estudo comparou as resistências à compressão de concretos dosados com diferentes proporções de substituição de agregado miúdo por resíduo de pó de pedra



e constatou os agregados utilizados estão dentro do limite granulométricos utilizável e os concretos apresentaram resistências à compressão distintas.

Em relação a análise granulométrica do pó de pedra utilizado no estudo, constatou-se que o resíduo se encontra dentro dos parâmetros estabelecidos pela norma NBR 7211, podendo assim este ser utilizado na substituição parcial da areia natural, visando a preservação ambiental, que é um dos principais motivos para que seja feita essa substituição.

Destaca-se que existe uma redução significativa na resistência à compressão do concreto ao substituir 10% de agregado miúdo por resíduo de pó de pedra. Todavia, ao substituir 20% não existe diferença estatística entre as médias da resistência à compressão, logo essa substituição representa uma solução tecnicamente viável para produção de concreto, visto que não altera a resistência do concreto quando comparado com o concreto sem substituição, mesmo tendo adicionado mais água no concreto com substituição.

Então, pode-se concluir que o pó de brita é um material alternativo na substituição da areia natural principalmente por contribuir na redução de impactos ambientais e substituição de 20% de agregado miúdo não altera significativamente a resistência à compressão do concreto.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2005.

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 1998.

BARBOSA, M. S; CARVALHO, C. M; DELFINO, R. K. R; ALVES, J. S; ANDRADE, E. F. F. O; DANTAS, M. P. Produção de concreto de alto desempenho (CAD) com adição de pó de pedra. **Revista Interscientia**. Vol. 07. n 01. Paraíba, 2019.



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

BRITO, M. O. **Estudo de dosagem de concreto com agregado miúdo de pó de pedra.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Faculdade Maria Milza. Governador Mangabeira, p. 62, 2019.

DRAGO, C; VERNEY, J. C. K; PEREIRA, F. M. Efeito da utilização de areia de britagem em concretos de cimento Portland. **Revista Escola de Minas.** Vol. 62. n 03. Ouro Preto, 2009.

FACHINETTO, L. **Estudo de viabilidade técnica do uso do rejeito de britagem de riocacito na produção de concreto convencional de cimento Portland.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, p.102 2016.

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

Recebido: 01/12/2020

Aceito: 09/12/2020

Alterado: 08/02/2021