

ANÁLISE COMPARATIVA DA BRITA CALCÁRIA, BENEFICIADA DE DIFERENTES FORMAS, PARA UTILIZAÇÃO EM CONCRETO COMO AGREGADO GRAÚDO.

A. A. C. Morais¹; F. A. da Silva Júnior¹; C. S. Alcântara¹.

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Av. Francisco Mota, 572 - Bairro Costa e Silva, Mossoró RN | CEP: 59.625-900
Email: andressa_adna@hotmail.com

RESUMO

O Rio Grande do Norte explora reservas de calcário para fabricação de cimentos. Uma alternativa aos rejeitos de matéria-prima seria utilizá-los como brita na confecção de concretos. Contudo, a alta absorção de água e teor de material pulverulento da brita calcária diminui a qualidade do concreto. Uma solução seria beneficiar o material para reduzir seu teor de finos. Este trabalho tem como objetivo analisar, comparativamente, características de britas calcárias beneficiadas com lavagem nas peneiras 0,075 mm e 4,75 mm, e peneiramento na peneira 4,75 mm. O material foi submetido a ensaios para agregados graúdos, observando-se exigências da ABNT NBR 7211/2009. Observou-se grande presença de material com dimensões inferiores a 4,75 mm, e torrões, que foram quebrados com lavagem e não com peneiramento. O processo de peneiramento foi mais eficiente na remoção de grãos com dimensões inferiores a 4,75 mm, ao contrário da lavagem, sendo menos eficiente a peneira 0,075 mm.

Palavras-chave: Brita calcária, Agregados, Concreto, Beneficiamento.

INTRODUÇÃO

Agregados são materiais adicionados à massa de cimento e água, para dar-lhe “corpo”, tornando-a mais econômica. Hoje eles representam cerca de oitenta por cento do peso do concreto e sabemos que além de sua influência benéfica quanto à retração e à resistência, o tamanho, a densidade e a forma dos seus grãos podem definir várias das características desejadas em um concreto⁽¹⁾.

Segundo Quaresma⁽²⁾, rochas para britagem são facilmente encontradas na natureza. As rochas mais comumente usadas na produção de brita são granito, gnaisse, basalto, diabásio, calcário e dolomito. No entanto, o tipo granítica se destaca nesta finalidade. No Brasil, cerca de 85% da brita produzida vem de granito/gnaisse, 10% de calcário/dolomito e 5% de basalto/diabásio.

A baixa representatividade do uso da rocha calcária para a produção de brita retrata a escassez de conhecimento acerca da utilização adequada deste tipo de agregado. Em geral, a dúvida dos consumidores se ampara na credibilidade da brita granítica, apesar do custo maior em relação a brita calcária, uma vez que suas características são bem difundidas e estudadas. A brita calcária possui propriedades diferentes, que requerem estudos que esclareçam a melhor técnica e finalidade deste agregado.

Nas últimas duas décadas, pelo menos oito grandes grupos que trabalham com extração de calcário e beneficiamento de calcário demonstraram interesse de instalar unidades industriais no Rio Grande do Norte. A razão é simples. Estas regiões têm aflorando mais de 20 mil quilômetros quadrados de rocha calcária (com espessura que vai de 50 a 400 metros), que é matéria-prima para inúmeros produtos da construção civil, indústria química, açucareira, entre vários outros segmentos industriais. Esta estimativa, que já foi comprovada e está pronta para ser explorada, é do Departamento Nacional de Produção Mineral⁽³⁾.

No entanto, Silva Júnior⁽⁴⁾ afirma que nem todo o calcário disponível nesta região serve para a fabricação de cimentos, sendo classificado como material de segundo plano. Este material não possui ainda uma destinação amplamente conhecida, e sua utilização como pedra a ser britada ainda necessita de investigações.

Um das justificativas do não uso deste material como agregado graúdo está relacionada a alta absorção de água por parte da brita calcária e o teor de finos, o que acarreta o aumento da relação água/cimento na dosagem do concreto, provocando queda da resistência e excessiva fluidez. Com o intuito de melhorar as propriedades deste agregado graúdo na mistura de concreto, além do uso de aditivos plastificantes, outra solução pertinente seria beneficiar a brita calcária de modo a reduzir o teor de finos da sua composição.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado para esta análise é a brita calcária N° 1 com dimensão máxima de 19,00 mm, originária do processo de beneficiamento da rocha calcária, proveniente de jazidas não classificadas como aptas a exploração pelas indústrias cimenteiras para a fabricação de cimentos, no Estado do Rio Grande do Norte.

Realizaram-se três tipos de beneficiamento com a brita calcária para a análise comparativa de suas propriedades. Para tanto, o material foi submetido a 6 ensaios para agregados graúdos, observando-se as exigências presentes na NBR 7211/2005.

Beneficiamento do material

O material passou por 3 diferentes tipos de beneficiamento em laboratório: Lavagem na peneira de abertura de malha de 0,075 mm; peneiramento na peneira de abertura de malha de 4,75 mm; e lavagem na peneira de abertura de malha de 4,75 mm.

O material lavado na peneira 0,075 mm, foi obtido após 10 lavagens sucessivas, em conjunto de pelo menos 3 peneiras (0,075 mm e as demais de abertura de malha superior a 0,075 mm), evitando danos.

O material lavado na peneira 4,75 mm, foi anteriormente peneirado, e então submetido a 4 lavagens sucessivas, em média, para retirada do material fino passante, em conjunto de pelo menos 2 peneiras (4,75 mm e as demais de abertura de malha superior a 4,75 mm).

Análise granulométrica

A análise granulométrica do material realizou-se conforme a ABNT NBR NM 248/2003.

Índice de forma pelo método do paquímetro

A determinação do índice de forma é determinada pela ABNT NBR 7809/2006.

Com um paquímetro de resolução de 0,1 mm, as dimensões do comprimento (Figura 1) e espessura de cada grão (Figura 2) são determinadas. As quantidades de grãos por fração foram calculadas de acordo com a recomendação da referida norma.



Figura 1 – Determinação do comprimento da brita.



Figura 2 – Determinação da espessura da brita.

Massa unitária do agregado solto

Esta determinação seguiu a ABNT NBR 7251/1982.

Massa específica e absorção de água

A determinação da massa específica e absorção de água aconteceram de acordo com a ABNT NBR NM 53/2009.

Os resultados são calculados através das seguintes equações:

Massa específica do agregado seco

$$d = \frac{m}{m - m_a}$$

Absorção de água

$$A = \frac{m_s - m}{m_s} \times 100$$

Onde:

m_s = massa da amostra saturada superfície seca;

m_a = massa da amostra submersa; e

m = a massa do agregado seco.

Desgaste por abrasão “Los Angeles”

A determinação do desgaste por abrasão ocorreu conforme a ABNT NBR NM 51/2001. A amostra (Figura 3), fracionada conforme a tabela 2 da ABNT NBR NM 51/2001, é colocada dentro do tambor juntamente com a carga abrasiva (Figura 4), determinada pela tabela 1 da mesma norma (11 esferas para graduação B). O desgaste por abrasão é a porcentagem de massa que passa pela peneira após o processo abrasivo.



Figura 3 – Frações de material para ensaio de abrasão.



Figura 4 – Amostra e carga abrasiva inseridos no tambor da máquina Los Angeles.

Teor de material pulverulento

A determinação do teor de material pulverulento para agregado graúdo ocorreu conforme item 8 (Lavagem com água) da ABNT NBR NM 46/2003 - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm , por lavagem.

O ensaio consiste em colocar a amostra no recipiente com água, agitar vigorosamente até que o material pulverulento fique em suspensão (Figura 5), posteriormente vertendo-se a água de lavagem contendo os sólidos suspensos e dissolvidos sobre as peneiras (Figura 6), repetindo esta operação até que a água de lavagem fique clara, comparando-se sua limpidez com a água limpa. O teor de material pulverulento é dado pela diferença de massas secas antes e depois da lavagem em relação à massa inicial, em porcentagem.



Figura 5 – Agitação da amostra para provocar suspensão do material pulverulento.



Figura 6 – Água de lavagem vertida sobre peneiras para determinação do teor de material pulverulento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise granulométrica

Comparando-se os valores de porcentagem média retida acumulada aos limites aceitáveis pela ABNT NBR 7211/2009 para zona granulométrica 9,5/25, observam-se que alguns valores ficaram abaixo do limite inferior, como é destacado na tabela 1.

Todos os tipos de brita apresentaram dimensão máxima característica de 19,00 mm, e os módulos de finura obtidos foram: 1,54, para brita natural; 1,53, para brita lavada na peneira 0,075 mm; 1,66, para brita lavada na peneira 4,75 mm; e 1,74, para brita peneirada na peneira 4,75 mm.

Observou-se que a porcentagem de material com dimensões inferiores a 4,75 mm foi diminuída através dos processos de beneficiamento, partindo de 9,47% (brita natural) para 1,69% (brita peneirada na peneira 4,75 mm). Detectou-se ainda, visualmente, a presença de torrões, cuja estrutura podia se desfazer com certa facilidade. Traçando-se as curvas granulométricas das amostras (Gráficos 1 a 4), é notório que a brita peneirada na peneira 4,75 mm está melhor compreendida entre os limites estabelecidos.

Tabela 1 – Valores de variação de tamanho das partículas da amostra e dos valores referenciados pela norma ABNT NBR 7211/2009 para zona 9,5/25.

Abertura da Peneira (mm)	Porcentagem retida acumulada				Limites da composição granulométrica do agregado graúdo para zona 9,5/25	
	Brita natural	Brita lavada peneira 0,075mm	Brita lavada peneira 4,75mm	Brita peneirada peneira 4,75mm	Limite inferior	Limite Superior
25	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	5,00 %
19	0,34 %	0,00 %	0,00 %	0,39 %	2,00 %	15,00 * %
11,2	46,69 %	44,08 %	54,81 %	57,05 %	40,00 * %	65,00 * %
9,5	63,42 %	59,40 %	69,23 %	74,90 %	80,00 * %	100,00 %
6,3	86,94 %	88,48 %	93,06 %	96,66 %	92,00 %	100,00 %
4,75	90,53 %	93,39 %	96,67 %	98,31 %	95,00 %	100,00 %
fundo	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %		

* Pode-se variar os limites em até cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados. Essa variação pode também ser distribuída em vários limites.

Gráfico 1 – Curva granulométrica da brita calcária natural entre os limites estabelecidos pela ABNT NBR 7211/2009 para zona 9,5/25.

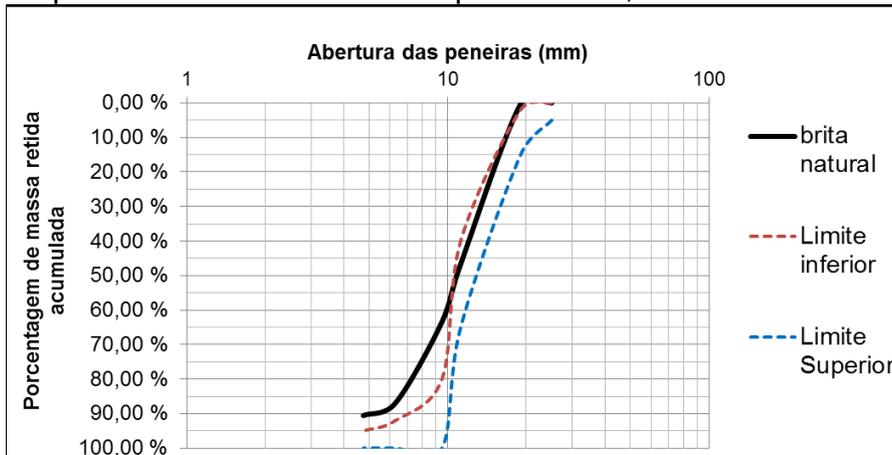


Gráfico 2 – Curva granulométrica da brita calcária lavada na peneira 0,075 mm entre os limites estabelecidos pela ABNT NBR 7211/2009 para zona 9,5/25.

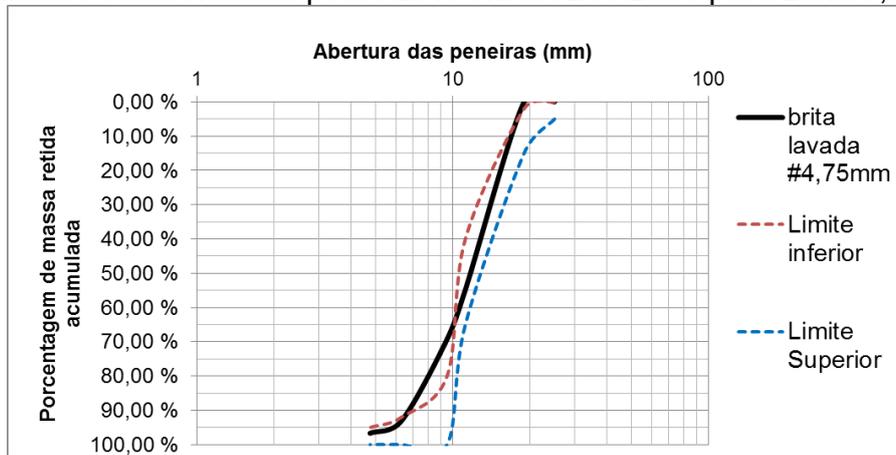


Gráfico 3 – Curva granulométrica da brita calcária lavada na peneira 4,75 mm entre os limites estabelecidos pela ABNT NBR 7211/2009 para zona 9,5/25.

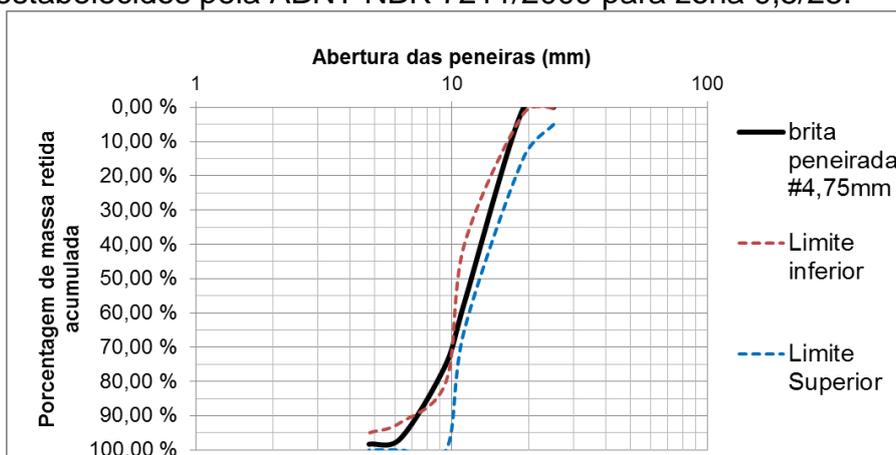
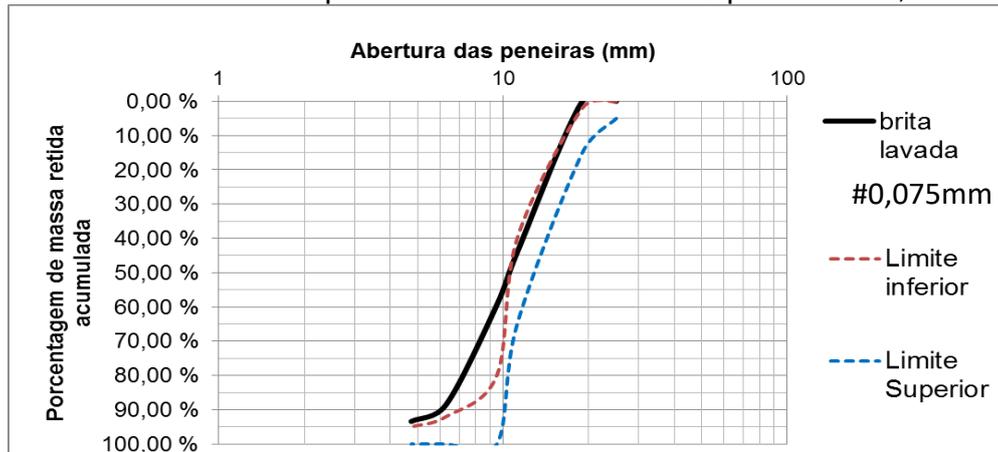


Gráfico 4 – Curva granulométrica da brita calcária peneirada na peneira 4,75 mm entre os limites estabelecidos pela ABNT NBR 7211/2009 para zona 9,5/25.



Índice de forma pelo método do paquímetro

O índice de forma obtido, ou seja, a média da relação entre comprimento e espessura de cada grão, foi de 2,27. O resultado obtido obedece a ABNT NBR 7211/2009, que estabelece que o índice de forma não deve ser superior a 3.

Massa unitária do agregado solto

Os resultados obtidos e calculados se encontram na tabela 2. A partir dos resultados, os quatro tipos de britas são classificadas quanto a massa unitária como normais, uma vez que seus resultados estão compreendidos entre 1 kg/dm³ e 2 kg/dm³.

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de determinação da massa unitária.

Resultados	Brita natural			Brita lavada peneira 75µm			Brita lavada peneira 4,75mm			Brita peneirada peneira 4,75mm		
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Massa unitária (kg/dm ³)	1,25	1,24	1,25	1,33	1,33	1,33	1,26	1,26	1,25	1,19	1,19	1,18
Média (kg/dm ³)	1,25			1,33			1,26			1,19		

Massa específica e absorção de água

Os resultados obtidos e calculados se encontram na tabela 3. Quanto a massa específica do agregado seco, a brita calcária foi classificada como agregado de densidade normal, uma vez que seu resultado de 2,68g/cm³, e este valor está compreendido entre 2,00 g/cm³ e 3,00 g/cm³.

Tabela 3– Resultados obtidos no ensaio de massa específica e absorção de água da brita calcária.

Resultados	Amostra 1	Amostra 2	Média
Massa específica do agregado seco (g/cm ³)	2,67	2,68	2,68
Absorção de água (%)	7,53	7,65	7,59

Desgaste por abrasão “los angeles”

Os resultados apresentados na tabela 4 indicam a reprovação do material quanto ao limite estabelecido pela ABNT NBR 7211/2009, que é de 50%, uma vez que perda por abrasão média obtida foi de 58,46%.

Tabela 4 – Resultados do ensaio de perda por abrasão da brita calcária

Resultados	Amostra 1	Amostra 2	Média
Perda (%)	58,24	58,68	58,46

Teor de material pulverulento

Os materiais foram submetidos a 25 lavagens. Observou-se que a água de lavagem não alcançou turbidez aceitável e os resultados apontaram média de 30% de material pulverulento.

Acredita-se que este resultado não representa somente o teor de finos, mas também indica que os grãos foram desgastados e os torrões foram quebrados, através do atrito ocasionado pela agitação da amostra para realização do ensaio.

A figura 7 apresenta os grãos submetidos ao ensaio, após secagem. É possível perceber que adquiriram forma arredondada, e apresentam poucos cantos

vivos. Com isso, a brita calcária não obteve resultados quanto ao teor de material pulverulento.



Figura 7 – Aparência dos grãos após realização do ensaio de teor de material pulverulento.

CONCLUSÕES

A partir da caracterização da brita calcária, proveniente de rejeito, beneficiada de diferentes formas, conforme a ABNT NBR 7211/2009 - Agregados para Concreto - Especificação, foi possível concluir que:

- Os resultados do ensaio de análise granulométrica, conforme ABNT NBR NM 248, apontaram a brita peneirada na peneira de abertura de malha de 4,75 mm como melhor enquadrada aos limites aceitáveis especificados. Esta também apresenta o maior módulo de finura, comprovando o melhor desempenho do peneiramento em relação a lavagem, quanto a eliminação de grãos de dimensões inferiores a 4,75 mm e partículas mais finas.

- O material foi aprovado quanto ao índice de forma, cujo resultado obtido foi de 2,27. Já os limites de perda por abrasão e absorção de água foram ultrapassados, alcançando valores de 58,46% e 7,59%, respectivamente.

- O teor de material pulverulento não pôde ser determinado, porque a brita calcária teve seus grãos desgastados e torrões quebrados durante a agitação da amostra em água. A ausência deste índice impossibilitou a análise da eficiência dos métodos de beneficiamento, quanto a remoção de partículas finas, de dimensões inferiores a 0,075 mm.

- A determinação da massa unitária mostrou a brita beneficiada por peneiramento na peneira 4,75 mm como mais leve, significando que, no estado solto, existem menos grãos e partículas finas ocupando os espaços vazios.

- Os resultados levam a conclusão de que a brita calcária analisada não está em concordância com as especificações para utilização em concreto como agregado

graúdo. No entanto, os métodos de beneficiamento alteraram significativamente suas características de composição granulométrica e massa unitária.

- Devido às altas porcentagens de absorção de água e perda por abrasão, acredita-se que a qualidade do material analisado neste trabalho seja inferior à de materiais provenientes de outras jazidas da mesma região, uma vez a análise realizada por Silva Júnior (2014) indicou resultados credenciadores para utilização da brita calcária proveniente de rejeito em concreto.

- O beneficiamento pelo método de lavagem em peneiras provocou a quebra dos torrões de material e não contribuiu significativamente para diminuição do material de menor granulometria. Já o processo de beneficiamento por peneiramento foi mais eficiente na remoção de grãos com dimensões inferiores a 4,75 mm.

REFERÊNCIAS

(1) Portal do Concreto. **Agregados para concreto.** Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/agregado.html>>, acesso em 7 mar. 2016.

(2) QUARESMA, L. F.. Agregados para construção Civil. **Perfil de Brita para construção civil.** MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Contrato Nº 48000.003155/2007-17: Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal (2010 - 2030) de geologia, mineração e transformação mineral. Banco internacional para a reconstrução e desenvolvimento. 2009. Disponível em:< http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P22_RT30_Perfil_de_brita_para_a_construcao_civil.pdf/01c75ac7-ecd2-4d85-a127-3ecddecb2a31>, acesso em 20 de fevereiro de 2016.

(3) IBRAM – **Instituto Brasileiro de Mineração.** 2011. Disponível em:<http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=153706>, acesso em 22 de fevereiro de 2016.

(4) SILVA JÚNIOR, Francisco Alves da; ABREU, Ana Cristina Fernandes. Análise Comparativa dos Agregados Graúdos Britas Calcária e Granítica, e dos Agregados Miúdos Resíduo de Borracha de Pneu e Areia, para Utilização em Concretos. IBRACON. 2014.

COMPARATIVE ANALYSIS OF LIMESTONE GRAVEL, BENEFITED DIFFERENT FORMS FOR USE IN CONCRETE AS COARSE AGGREGATE .

ABSTRACT

Rio Grande do Norte explores limestone reserves for cement's fabrication . An alternative to the waste of raw materials would use them as crushed stone in concrete's production . However, limestone gravel has high water absorption and pulverulent material content and it reduces the quality of concrete. One solution would benefit the material to decrease their fines content. This work aims to analyze comparatively characteristics of limestone gravels benefited by washing on the sieves 0.075 mm and 4.75 mm, and sieving in the sieve 4.75 mm. The material was subjected to tests for coarse aggregates, observing requirements of ABNT NBR 7211/2009. We observed a large presence of material with dimensions less than 4.75 mm and clods, which were broken by washing and not by sieving. The sieving process was more efficient in the removal of grains with dimensions of less than 4.75 mm, instead of washing, being less efficient the 0.075 mm sieve.

Key-words: Limestone gravel, Aggregates, Concrete, Beneficiation.