

Comparação das propriedades mecânicas de matriz cimentícia produzidos com brita vermelha e brita calcária (Comparison of the mechanical properties of cement plant produced with brita vermelha and brita calcária)

Budelon, A.S.¹; Soares, A.¹; Galvão, J.K.L.²;
Carvalho, M.C.F.¹; DE SOUSA, J.S.¹; PAES, L.H.¹; Neves, P.H.L.¹; Lima, L.A.N.¹; Santos, M.L.M.¹; Duarte, K.F.S.¹;

¹Centro Universitário Luterano de Santarém
Santarém - PA 1

²Universidade Federal do Amazonas
Manaus - AM 2

andersonsalles04@gmail.com

Resumo

Este trabalho objetiva analisar as propriedades mecânicas de matrizes cimentícias com diferentes agregados, um comparativo da brita calcária de Monte Alegre/Pa com a brita vermelha de Trairão/Pa. Os materiais foram caracterizados para determinação de massa específica, massa unitária, granulometria, determinação do índice de forma, resistência à compressão, índice de abrasão "Los Angeles" e caracterização petrográfica, visando verificar a resistência a compressão, ao desgaste e tipologia da rocha. Os protótipos foram confeccionados com as propriedades do concreto em seu estado fresco empregando o método de fator água/cimento elaborado pelo engenheiro Lobo Carneiro para o concreto atingir a resistência total em 7 dias. Os resultados apontam pouca divergência quanto nas características mecânicas dos materiais, o corpo de prova com brita vermelha é superior à brita calcária em 2,07% para resistência a compressão axial, em 6% para resistência ao desgaste, sendo inferior em 85% quanto ao índice de materiais pulverulentos.

Palavras chave: Concreto. Brita vermelha. Brita calcária, Propriedades do concreto.

Abstract

This work aims to analyze the mechanical properties of cementitious matrixes with different aggregates, a comparison of the calcareous crust of Monte Alegre / Pa with the red clay of Trairão / Pa. The materials were characterized for determination of specific mass, unit mass, grain size, shape index determination, compressive strength, "Los Angeles" abrasion index and petrographic characterization, in order to verify the compressive strength, wear and rock typology. The prototypes were made with the properties of the concrete in its fresh state using the water / cement factor method elaborated by the engineer Lobo Carneiro for the concrete to reach the total resistance in 7 days. The results show little divergence in the mechanical characteristics of the materials, the test specimen with red gravel is superior to the calcareous gravel in 2.07% for resistance to axial compression, in 6% for resistance to wear, being 85% inferior to index of powdery materials.

Keywords: Concrete. Red Brita. Brita calcária, Properties of concrete.

INTRODUÇÃO

O concreto é o um dos materiais mais utilizados na construção civil, composto tradicionalmente por cimento, agregados miúdos (areia), agregados graúdos (seixo ou brita) e água. Essa mistura deve ser elaborada com materiais de alta qualidade, para garantir as propriedades desejadas no produto final. Por isso, este trabalho faz uma relação entre agregados graúdos, para verificar a eficiência dos mesmos na composição do concreto, principalmente quanto aos esforços solicitantes ao material, a trabalhabilidade e custo-benefício.

Neville (2010) afirma que aproximadamente 3/4 do volume do concreto é ocupado pelos agregados e estes são determinantes na resistência, considerando que os agregados com propriedades indesejáveis podem não apenas produzir um concreto pouco desempenho estrutural, mas também podem comprometer a durabilidade.

Por isso, é importante analisar os materiais em escala local, segundo Mendes (2002) por o Brasil ser um país de grande área territorial, com uma enorme variedade de materiais, há poucos estudos que abordem as propriedades dos concretos induzindo as características dos materiais agregados locais. Dessa forma, espera-se que este trabalho contribua com informações técnicas acerca dos materiais, cada vez mais comercializados na cidade.

O município de Santarém é uma cidade em desenvolvimento, sendo cada vez mais expressiva a demanda de matéria prima na construção civil, e como o Estado do Pará possui uma riqueza considerável de minerais, a comercialização dos mesmos é crescente nas cidades como Santarém. Conhecida como Brita Vermelha, um mineral oriundo da cidade do Trairão-PA (460 km) e a Brita calcária comumente empregada é provinda do município de Monte Alegre (86 km), ambas são utilizadas na confecção de concreto e não há dados técnicos do material, no entanto, consumidores apontam que a brita vermelha – apesar de pouco usada – apresenta qualidade maior que a brita calcária em parâmetros como resistência, menor índice de materiais pulverulentos e entre outros.

Portanto, este trabalho tem como objetivo principal analisar protótipos desenvolvidos com matriz cimentícia variando a composição do agregado graúdo, uma proposta com a brita vermelha e outra com a brita calcária, para os mesmos parâmetros comparando os resultados adquiridos. Tendo assim, maiores e mais precisas informações sobre os materiais extraídos e utilizados no Estado do Pará para construções diversas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais foram transportados das cidades de origem para o Laboratório de Engenharia Civil do CEULS/ULBRA. A primeira análise foi à determinação da granulometria dos agregados graúdos, fez-se também para o agregado miúdo, visando ter todos os dados acerca da composição do concreto para as análises. Este ensaio foi baseado na NBR NM 248 de 2003. Os cálculos de dosagem e formulação dos traços são de acordo com o método estabelecido pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). A moldagem e cura dos corpos de prova seguiram parâmetros da NBR 5738 de 2015, bem como o ensaio de compressão da NBR 5739 de 2007. O ensaio de abrasão “Los Angeles” é conforme NBR NM 51 de 2001, e a análise petrográfica de agregado considera a NBR 7389-2 de 2009.

O método de dosagem ABCP é adaptado da American Concrete Institute (ACI), para ser utilizado com os agregados brasileiros, sendo atualmente o procedimento mais comum com cura total do concreto em 27 dias. Mas, para efeitos de estudo adaptou-se o método de dosagem elaborado por Labo Carneiro com cura total do concreto em 7 dias. Este método influencia consideravelmente no abatimento de tronco de cone, pelo aumento da quantidade de cimento aplicado ao traço e a diminuição de água, resultando em um concreto mais fluido. O fator água/cimento de acordo com o método foi 0,326. Os corpos de prova foram rompidos após 3 e 7 dias da moldagem e cura úmida.

Para maior precisão na descrição e classificação das rochas o ensaio de Petrografia feito com o auxílio do microscópio petrográfico, determina a textura da rocha, granulação, granulometria, tamanho, cristalinidade, dentre outros parâmetros, e principalmente através da descrição e das características pode-se descobrir o tipo de rocha e sua proveniência. Se necessário com utilização de lupa para a análise dos minerais naturais, identificando seus elementos constituintes e propriedades, visando à sua utilização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela I é visto os resultados do ensaio para determinação da granulometria do agregado miúdo. Obtendo como resultado um módulo de finura de 1,8 sendo classificada como tipo de areia fina, ideal para concretos. A Tabela II e III mostram os resultados da granulometria de agregados graúdos brita calcária e vermelha, respectivamente. Tendo a mesma dimensão para os materiais estudados, sendo assim, a graduação das britas não influencia em resultados divergentes das propriedades mecânicas do concreto, que segundo Campos (2018) a classificação dimensional do agregado influencia na sua usabilidade, as

pedras de mão de 19 mm podem ser empregadas em muros de arrimo, fundações, concreto ciclópico, estruturas que necessitam de elevada resistência.

Tabela I - Granulometria do agregado miúdo

PENEIRAS (mm)	MASSA RETIDA (g)		AMOSTRA 1		AMOSTRA 2		MÉDIA	
	AMOST.1	AMOST.2	% RET.	% ACUM.	% RET.	% ACUM.	% RET.	% ACUM.
4,75	1	0	0,1	0,1	0	0	0,1	0,1
2,36	5	6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
1,18	23	24	2,3	2,9	2,4	3	2,3	2,9
0,6	98	99	9,8	12,7	9,9	12,9	9,8	12,8
0,3	538	531	53,8	66,5	53,1	66	53,4	66,2
0,15	308	312	30,8	97,3	31,2	97,2	31	97,2
0,075	25	28	2,5	99,8	2,8	100	2,6	99,9
FUNDO	2	0	0,2	100	0	100	100	100
TOTAL	1000	1000						

MF = 1,8 D_{máx} = 1,18mm

Tabela II - Granulometria da Brita calcária

PENEIRAS (mm)	MASSA RETIDA (g)		AMOSTRA 1		AMOSTRA 2		MÉDIA	
	AMOST.1	AMOST.2	% RET.	% ACUM.	% RET.	% ACUM.	% RET.	% ACUM.
25	0	0	0	0	0	0	0	0
19	133	140	6,65	6,65	7	7	6,83	6,83
12,5	1290	1077	64,5	71,15	53,85	60,85	59,2	66
9,5	473	559	23,65	94,8	27,95	88,8	25,8	91,8
6,3	101	208	5,05	99,85	10,4	99,2	7,7	99,53
4,8	1	13	0,05	99,9	0,65	99,85	0,35	99,83
FUNDO	2	3	0,1	100	0,15	100	0,1	100
TOTAL	2000	2000						

D_{máx} = 19 mm

Tabela III - Granulometria da brita vermelha

PENEIRAS (mm)	MASSA RETIDA (g)		AMOSTRA 1		AMOSTRA 2		MÉDIA	
	AMOST.1	AMOST.2	% RET.	% ACUM.	% RET.	% ACUM.	% RET.	% ACUM.
25	0	0	0	0	0	0	0	0
19	53	77	2,65	2,65	3,85	3,85	3,25	3,25
12,5	1351	1298	67,55	70,2	64,9	68,75	66,23	69,47
9,5	448	474	22,4	92,6	23,7	92,45	23,05	92,52
6,3	128	141	6,4	99	7,05	99,5	6,73	99,25
4,8	14	9	0,7	99,7	0,45	99,95	0,57	99,82
FUNDO	6	1	0,3	100	0,05	100	0,17	100
TOTAL	2000	2000						

D_{máx} = 19 mm

Para os materiais foi determinado a massa específica por unidade de volume excluindo os poros internos das partículas (vazios) e a massa unitária que é o volume aparente do

agregado, incluindo os vazios entre os grãos. O índice de forma, segundo a NBR determina a forma ótima para agregados britados, normalmente a mais próxima da forma cúbica, quanto mais próximo de 1 forem os grãos melhor é o índice de forma.

Obtiveram-se como resultado os dados apresentados na Tabela 4, há pouca diferença nesta propriedade para os materiais analisados, sendo assim, o protótipo final não deve apresentar muita alterações em massa.

A brita vermelha apresentou índice de forma um pouco mais baixo que brita calcária, o que significa tem mais forma cúbica que a brita calcária. Entretanto, os dois valores são próximos para considerar uma diferença realmente relevante e ter interferência na resistência a compressão axial, pois ambas as britas devem se comportar equivalentes quanto ao intertravamento entre as pedras.

Tabela IV - Propriedades e características dos agregados miúdo e graúdos

Propriedades	Agregado miúdo	Brita Calcária	Brita Vermelha
Massa específica (g/cm ³)	2,66	2,65	2,61
Massa unitária (g/cm ³)	1,61	1,46	1,42
Índice de Forma	-	1,55	1,53

A caracterização petrográfica da brita vermelha foi realizada com o auxílio do microscópio petrográfico, constatando que trata-se de uma rocha fanerítica, com granulação variando de grossa a média, demonstrando as faces dos cristais semi-desenvolvidas a não desenvolvidas sendo classificadas como hipidiomórfica a xenomórfica, é holocristalina, sendo toda a lâmina composta por cristais e com seu índice de coloração sendo hololeucocrática, apresentando de 0 a 5% de minerais máficos. Os cristais de quartzo (Qz) são os mais representativos na lâmina, seguidos de minerais como feldspato (Fl), muscovita (Ms), anfibólio (Am), observados na figura 1:

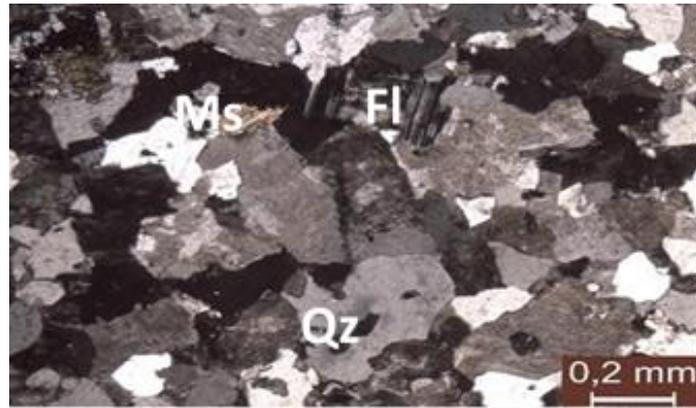


Figura I - Lâmina delgada a nicóis cruzados, identificando os minerais Quartzo, Feldspato e Muscovita.

Observa-se na Figura II a presença de sericitização, com feldspato alterando para muscovita. Através dessas observações concluiu-se que se trata de um granito, que corresponde a uma rocha ígnea. Normalmente os granitos apresentam maior resistência que as britas.

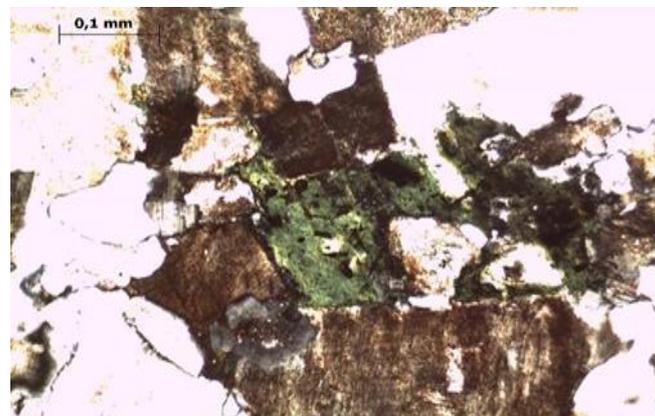


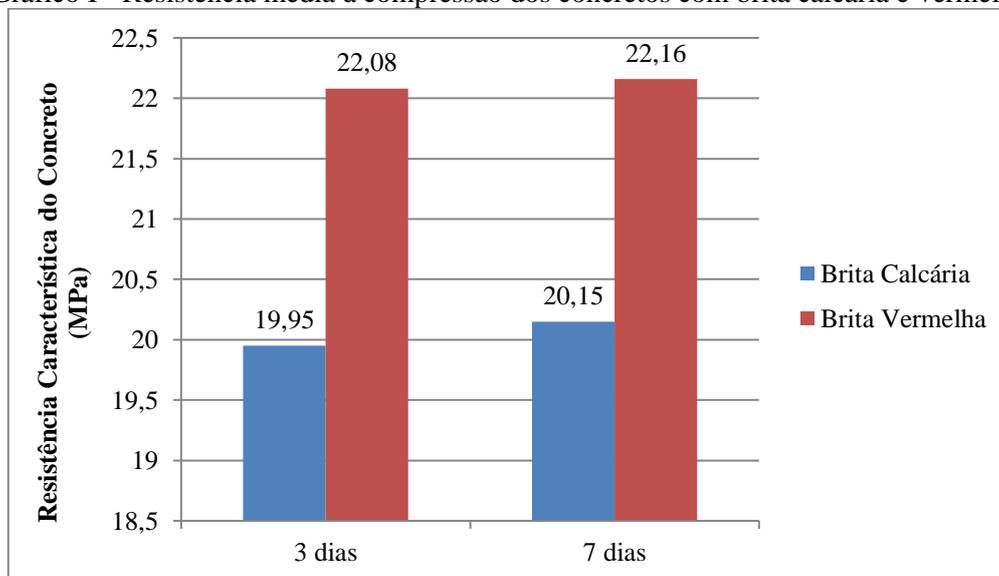
Figura II - Lâmina delgada a nicóis cruzados, identificando o mineral Anfibólio.

O teor de materiais pulverulentos de cada amostra foi obtido pela diferença entre as massas da amostra antes e depois da lavagem, expresso em porcentagem, conforme norma DNER-ME 266/97, esse teor são todas as partículas minerais com dimensão inferior a 0,075 mm, inclusive os materiais solúveis em água, presentes nos agregados. A diferença obtida nas duas determinações do ensaio não deve ser maior que 0,5% para agregado graúdo, obteve-se 0,3% e 0,2% validando os resultados de 1,15% e 0,30% de teor de materiais pulverulentos para a brita calcária e brita vermelha, respectivamente.

O ensaio de abrasão a “Los Ángeles” apresentou perda de 0,21% na brita calcária e 0,15% para a brita vermelha. Essa diferença configura que a brita de Trairão/Pa é mais resistente ao desgaste.

O FCK (*Feature Compression Know*) determinado para o cálculo do traço foi 25 MPa de resistência característica, a Gráfico I apresenta os resultados obtidos de resistência axial aos 3 e 7 dias dos protótipos contendo brita calcária e vermelha:

Gráfico I - Resistência média à compressão dos concretos com brita calcária e vermelha.



O concreto foi calculado para atingir resistência total de 25 MPa em 27 dias, mas como utilizou-se o método de Lobo Carneiro, é esperado que a resistência dos materiais seja inferior aos 3 e 7 dias de cura úmida. Portanto, a resistência apresentada é de acordo com a metodologia utilizado, e como afirma Rodrigues (2013) o concreto tem processo de aumento da resistência do concreto ao longo do tempo de vida útil. Aos 3 dias de moldagem a brita calcária atingiu 79,8% da resistência enquanto a brita vermelha atingiu 88,32% da resistência total. Aos 7 dias os ganhos de resistência foram de 0,8% e a obteve 0,32%, respectivamente. Percebe-se com isso que a brita vermelha de Trairão-Pa apresenta ganho de resistência superior a brita calcária de Monte Alegre-Pa, além de resistência inicial maior.

CONCLUSÕES

Este trabalho analisou as propriedades mais importantes dos agregados, desde sua origem geológica até a sua eficiência estrutural. Foram caracterizados mecanicamente granito vermelho e a brita calcária em seus parâmetros pré e pós-concreto. Os ensaios foram importantes no esclarecimento das características dos materiais. Constatou-se a brita (granito) vermelha apresenta propriedades superiores que a brita calcária nos quesitos resistência, teor de material pulverulento e resistência ao desgaste.

Através dos resultados adquiridos pode-se afirmar que o granito rosa do Trairão supera a brita calcária de Monte Alegre em 2,07% no quesito resistência a compressão axial, supera em 6% na resistência ao desgaste, supera em 85% de materiais pulverulentos a menos que a brita calcária, possuindo parecidos índices de forma, dimensão massa específica. Portanto, o seu uso nos concretos de alta resistência é funcional.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 8p.

_____. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – preparo, recebimento e aceitação – procedimento. Rio de Janeiro, 2016.

_____. NBR 5738. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpo de prova. Rio de Janeiro, 2016.

_____. NBR 5739: Concreto- Ensaio de corpo de prova cilíndrico. Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 7211: Agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR 7389: Agregados- Análise petrográfica de agregado para concreto. Parte 2: Agregado graúdo. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR 7809: Agregado graúdo- Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro- Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2008.

_____. NBR NM 248: Agregados- Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR NM 51: Agregados graúdos- Ensaio de abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR NM 67: Concreto- Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

BAUER, L. A. Falcão. Materiais de construção. 5d. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

CAMPOS, Iberê M. Pedra para construções: escolhendo e usando. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento de Arquitetura. Online, 2018.

RODRIGUES, Ricardo. Taxa De Aumento Da Resistência Do Concreto. Online, 2013.