



RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DE CERÂMICA VERMELHA QUANDO SUBMETIDOS AO ATAQUE POR SULFATOS DE MAGNÉSIO

John Kennedy Fonsêca Silva⁽¹⁾; Rogério Borges Vieira⁽²⁾.

⁽¹⁾ Graduando em Engenharia Civil - Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.
kennedy31@hotmail.com.br.

⁽²⁾ Professor do curso de Engenharia Civil - Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.
rogeriobv@unipam.edu.br.

1. INTRODUÇÃO

Há um crescente interesse na redução dos impactos ambientais associados ao setor da construção civil (CABRAL *et al*, 2009), assim, num futuro próximo, o uso de materiais alternativos na construção, tal como os agregados reciclados obtidos a partir do processamento dos Resíduos da Construção e Demolição (RCDs), deve tornar-se mais notório (ANGULO *et al*, 2013).

A incorporação de agregados reciclados em concretos apresenta, no entanto, algumas particularidades que carecem de análise. A heterogeneidade dos RCDs, por exemplo, influi diretamente nas características dos agregados reciclados com eles produzidos e, além disso, os processos construtivos interferem na qualidade do agregado gerado. É imperativo, entender, desse modo, o comportamento desses concretos com relação a algumas propriedades, tanto de natureza mecânica quanto com relação à sua durabilidade (CABRAL *et al*, 2009).

O objetivo deste trabalho é analisar a influência que o ataque por sulfatos de magnésio, em solução aquosa, promove no desenvolvimento inicial de resistência mecânica, nas idades de 3, 7 e 28 dias, de corpos de prova cilíndricos de concreto produzidos com agregados miúdos reciclados de resíduos de cerâmica vermelha em substituição parcial ao agregado miúdo natural, proveniente de areia de rio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O ambiente utilizado para a realização dos procedimentos experimentais foi o laboratório Análises Tecnológicas de Materiais de Construção do Centro Universitário de Patos de Minas

(UNIPAM), sendo que os materiais e os equipamentos utilizados foram obtidos deste laboratório.

Os ensaios realizados para a caracterização dos materiais foram: massa específica do cimento Portland (ABNT, 2001a), absorção de água do agregado miúdo (ABNT, 2001b), massa unitária dos agregados graúdo e miúdo (ABNT, 2006), teor de pulverulência dos agregados graúdo e miúdo (ABNT, 2003a), massa específica e absorção do agregado graúdo (ABNT, 2009), composição granulométrica dos agregados graúdo e miúdo (ABNT, 2003b) e massa específica do agregado miúdo (DNER, 1998). O cimento (CP-II-E-32) e os agregados naturais (areia de rio e brita calcária) utilizados foram obtidos de jazidas localizadas na região de Patos de Minas - MG. O agregado reciclado (resíduos de cerâmica vermelha), que foram obtidos em uma obra local, foram triturados e peneirados de modo a obter uma distribuição granulométrica semelhante à do agregado miúdo natural.

Para a confecção do concreto, adotou-se o método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) (BOGGIO, 2000), sendo que, os materiais foram dosados em massa e o concreto foi confeccionado com a utilização de uma betoneira. Após a confecção, os corpos de prova foram moldados e curados, de acordo com o descrito na NBR 5738 (ABNT, 2015), sendo que, alguns foram submersos em uma solução aquosa contendo sulfato de magnésio. O ensaio de resistência à compressão foi realizado com base na NBR 5739 (ABNT, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, os valores obtidos para a dimensão máxima característica (DMC) e para o módulo de finura (MF) dos agregados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – DMC e MF

Agregado	DMC (mm)	MF
Miúdo natural	2,36	2,49
Miúdo reciclado	2,36	2,37
Graúdo natural	19,00	6,96

Fonte: os autores.

Obteve-se para a massa específica do cimento o valor de 3,039 kg/dm³. Os demais resultados de caracterização física, que foram obtidos para os agregados, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização dos agregados

Agregado	Massa específica (kg/m ³)	Massa unitária – est. solto (kg/m ³)	Massa unitária – est. compactado (kg/m ³)	Pulverulência (%)	Absorção (%)
Miúdo natural	2587	1432	1526	2,9	0,91
Miúdo reciclado	2564	1007	-	5,0	21,3
Graúdo natural	2684	1368	1527	0,2	0,23

Fonte: os autores.

Determinou-se 30 MPa como a resistência esperada para os 28 dias, o que resultou numa relação água/cimento (a/c) de 0,52 para o CP-II-E-32. Fixou-se o intervalo de 80 mm a 100 mm como o abatimento do tronco de cone esperado para o concreto no estado fresco. Os resultados obtidos para o traço do concreto, calculado com a utilização do Método ABCP, podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 – Traço do concreto

Componente	Massa (kg)	Volume (dm ³)
Aglomerante	1,000	0,329
Agregado miúdo	1,715	0,663
Agregado graúdo	2,750	1,025
Água	0,520	0,520
Total	5,985	2,537

Fonte: os autores.

O teor de substituição de agregados miúdos naturais (areia de rio) por agregados miúdos reciclados (resíduos de cerâmica vermelha) foi de 30 %, em massa.

Os corpos de prova foram moldados e, decorridas 24 horas após a moldagem, foram transferidos uns para a câmara úmida e outros para uma solução aquosa contendo 7,7% de sulfato de magnésio, em massa. Realizaram-se, nas idades de 3, 7 e 28 dias os ensaios de resistência à compressão (Tabela 7).

Tabela 4 – Resistência à compressão

Idade (dias)	Resistência à compressão (MPa)
--------------	--------------------------------

	Controle		Experimental	
	Câmara	Sulfato	Câmara	Sulfato
3	11,35	11,89	11,09	10,15
7	16,09	15,81	16,54	16,09
28	19,86	19,18	18,81	18,03

Fonte: os autores.

4. CONCLUSÕES

- (i) o elevado valor encontrado para o teor de material pulverulento no agregado miúdo reciclado está relacionado ao processo utilizado para o beneficiamento dos resíduos, que, devido à etapa de trituração origina partículas com diâmetros inferiores a 0,075 mm;
- (ii) o concreto produzido parcialmente com agregado miúdo reciclado apresentou desenvolvimento de resistência mecânica nas primeiras idades equivalente ao do concreto produzido exclusivamente com agregados naturais;
- (iii) A presença de sulfatos de magnésio em solução aquosa na concentração em massa de 7,7% não influenciou no desenvolvimento inicial de resistência de ambos os concretos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 23:** cimento Portland e outros materiais em pó: determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001a. 5 p.

_____. **NBR 30:** agregado miúdo: determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001b. 3 p.

_____. **NBR 45:** agregados: determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 8 p.

_____. **NBR 46:** agregados: determinação do material fino que passa através da peneira de 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003a. 6 p.

_____. **NBR 53:** agregado graúdo: determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009a. 8 p.

_____. **NBR 248:** agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003b. 6 p.

_____. **NBR 5738:** procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.9 p.

_____. **NBR 5739:** concreto: ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.9 p.

ANGULO, Sérgio Cirelli *et al.* Separação óptica do material cerâmico dos agregados mistos de resíduos de construção e demolição. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 61-73, jun. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212013000200006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16mar. 2016.



BOGGIO, Aldo J. **Estudo comparativo de métodos de dosagem de concretos de cimento Portland**. 2000. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/12575>>. Acesso em: 16mar. 2015.

CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra *et al.* Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, São Paulo, v. 55, n. 336, p. 448-460, dez. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132009000400016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16mar. 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. **DNER-ME 194/98**: agregados: determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me194-98.pdf/view>>. Acesso em: 16mar. 2016.