

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR CERÂMICA VERMELHA E POLIETILENO TEREFALATO (PET) EM CONCRETO

GUSTAVO DE CARVALHO GORGES¹, GABRIELA AKEMI KIMURA PEREZ², GABRIEL SOUSA PRATES³, MATHEUS HENRIQUE ROSSATO CASOLA⁴ e EVERLEI CÂMARA⁵

¹Acadêmico de Engenharia Civil, UNIPAR, Umuarama-PR, gustavo.gorges@edu.unipar.br;

²Acadêmico de Engenharia Civil, UNIPAR, Umuarama-PR, gabriela.kimura@edu.unipar.br;

³Acadêmico de Engenharia Civil, UNIPAR, Umuarama-PR, gabriel.prates@edu.unipar.br;

⁴Acadêmico de Engenharia Civil, UNIPAR, Umuarama-PR, matheus.casola@edu.unipar.br;

⁵Doutor em Engenharia Civil, UNIPAR, Umuarama-PR, everlei@prof.unipar.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO–Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: O presente trabalho busca analisar as propriedades de concretos com substituições dos agregados miúdos naturais por resíduos reciclados, sendo a substituição parcial da areia média natural pela cerâmica vermelha e a substituição parcial do pó de brita pelo Polietileno Tereftalato (PET). Deste modo, são estudadas as características do concreto com substituições de 10, 25, 50 e 75% por cerâmica vermelha e 10, 20, 30 e 40% por PET, sendo todas em forma de volume. Entre os ensaios realizados está o abatimento do concreto no estado fresco, porosidade e o ensaio de resistência à compressão axial nas idades de 3, 7, 14, 21 e 28 dias de cura. Os resultados foram comparados com o traço de referência, o qual não apresenta substituição, assim, a partir dos resultados encontrados, é possível verificar que a substituição de 10% de ambos os resíduos apresentou resultados satisfatórios, visto que as misturas possuem propriedades semelhantes ao traço de referência.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto, Cerâmica vermelha, o Polietileno tereftalato (PET), Resíduos.

PARTIAL REPLACEMENT OF NATURAL SMALL SIZE CONSTRUCTION AGGREGATES FOR RED CERAMIC WASTES AND POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) IN CONCRETE

ABSTRACT: The present article seeks to analyze the properties of concrete with substitutions of the natural small size construction aggregates for recycled waste, being the partial substitution of the natural sand by red ceramics and the partial substitution of powder of stone gravel by polyethylene terephthalate (PET). Thus, the characteristics of the concrete with substitutions of 10, 25, 50 and 75% for red ceramics and 10, 20, 30 and 40% for pet are studied, all being in volume form. Among the tests carried out are the reduction of fresh concrete, porosity and the axial compressive strength test, at the ages of 3, 7, 14, 21 and 28 days of maturation. The results were compared with the reference trait, which does not present substitution, so, from the results that have been found, it is possible to verify that the substitution of 10% of both residues presented satisfactory results, since the mixtures have properties similar to the trace of reference.

KEY WORDS: Concrete, Red ceramics, Polyethylene terephthalate (PET), Waste.

INTRODUÇÃO

Com o forte crescimento da população, conseqüentemente houve também um acréscimo na geração de resíduos, entretanto devido ao fato da baixa tecnologia envolvida no processo das reciclagens, os materiais, como a Cerâmica vermelha e o Polietileno tereftalato (PET), acabam não recebendo tratamentos adequados, o que acarreta de serem despejados de forma incorreta no meio ambiente.

Os resíduos de construção e demolição (RCD) e o Polietileno Tereftalato (PET) tem a possibilidade de serem reciclados para uso nos concretos em forma de agregados. De acordo com Cabral (2009), a cerâmica vermelha, oriunda de restos de telhas e restos de tijolos, equivale a 50% dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. Assim, a reciclagem da cerâmica vermelha pode ser uma prática eficiente em cidades onde existe escassez de agregados naturais, o qual proporciona elevado custo para obtenção dos materiais. Já o PET, segundo Rocha (2017), quando reciclado na construção civil, traz vários benefícios acerca da diminuição do consumo da matéria-prima não renovável, como os agregados naturais, possibilitando assim, a minimização dos danos ambientais causados pela extração da matéria-prima. Além disso, o PET é um material descartado todos os dias como lixo comum, onde cerca de 1 milhão de garrafas plásticas de PET são vendidas por minuto no mundo, e menos da metade são coletadas e enviadas para a reciclagem, sendo 7% desse montante reutilizadas como garrafas novas e o restante são destinadas à lixões, aterros sanitários, ou descartados no meio ambiente (BARBOSA, 2017). Por essa razão, houve um aumento no interesse em reciclar e aprimorar as pesquisas sobre a incorporação destes resíduos em concretos.

Desta forma, a presente pesquisa tem como objetivo substituir parcialmente o agregado miúdo por um material reciclável, tal como a cerâmica vermelha e o Polietileno Tereftalato, a fim de se obter um material com propriedades semelhantes aos concretos convencionais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O traço adotado como referência para a confecção dos concretos e os materiais utilizados na pesquisa foram fornecidos por uma usina de concreto da cidade de Umuarama-PR, com a finalidade de que o traço em estudo tenha as mesmas características dos concretos fornecidos nas obras da região. O traço possui um teor de argamassa de 49,81% e resistência à compressão axial característica de 30MPa. O abatimento para o traço adotado é de 100 ± 20 mm, assim, o fator água/cimento variou com as incorporações dos resíduos para poder ser bombeável. O traço de referência utilizado para a pesquisa está especificado na tabela 1.

Tabela 1. Traço unitário de referência para as dosagens dos concretos

Traço de referência fornecido pela usina de concreto							
Traço	Cimento (Kg)	Pó de Brita (Kg)	Areia média (Kg)	Brita 0 (Kg)	Brita 1 (Kg)	Aditivo (ml)	Água (Kg)
	1,000	0,930	2,170	0,830	3,310	7,880	0,610

As coletas da cerâmica vermelha foram realizadas em obras de pequeno porte e depósitos de materiais de construção da cidade de Umuarama - PR, sendo coletados apenas blocos cerâmicos, os quais apresentaram imperfeições e foram descartados. Já a obtenção dos resíduos de PET, ocorreu na cidade de Maringá - PR, na empresa PlasPET, a qual possui Polietileno Tereftalato triturado com dimensão máxima característica de 2,36 mm e massa específica de 2,44 kg/dm³.

Para utilizar o resíduo da cerâmica vermelha como agregado, fez-se necessário o reduzir por moagem, a fim de atingir uma granulometria adequada. Assim, através do moinho de bolas, triturou-se cerca de 5,62 kg de cerâmica vermelha. Foram utilizados, para as misturas de concreto o aditivo do tipo plastificante da linha C.Q. Plast 787 e o Cimento CP V-ARI da empresa Cauê (massa específica de 3,09 kg/dm³). Já os agregados miúdos naturais se dividem em pó de brita, com dimensão máxima característica de 6,3 mm e massa específica de 2,68 kg/dm³, e a areia média, com dimensão máxima característica de 1,8 mm e massa específica de 2,65 kg/dm³. Os agregados graúdos foram: Brita 0, com dimensão máxima característica de 9,5 mm e massa específica de 2,74 kg/dm³, e a Brita 1, com dimensão máxima característica de 19 mm e massa específica de 2,94kg/dm³.

Para as análises das propriedades dos concretos em estudo, o agregado miúdo natural (areia média), foi substituído parcialmente pelo resíduo de PET nas proporções de 10, 20, 30 e 40 % e, para a cerâmica vermelha, as porcentagens de substituições são para o pó de brita de 10, 25, 50 e 75%. Todas as substituições ocorreram por volume, devido ao fato de que os materiais em substituição apresentaram massas específicas diferentes. Para que os traços em estudo apresentassem a mesma trabalhabilidade, foi mantido o abatimento de 100 ± 20 mm, sendo assim, os traços de substituições

alteraram o fator água/cimento de acordo com o percentual de resíduo inserido, como apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Traços unitários das substituições do agregado miúdo natural

Resíduos	Dosagem								
	Subst. (%vol.)	Cimento (Kg)	Pó de Brita (Kg)	Resíduo (Kg)	Areia média (Kg)	Brita 0 (Kg)	Brita 1 (Kg)	Aditivo (g)	Água (Kg)
Polietileno tereftalato (PET)	10%	1,000	0,930	0,113	1,950	0,830	3,310	7,880	0,577
	20%	1,000	0,930	0,230	1,740	0,830	3,310	7,880	0,540
	30%	1,000	0,930	0,340	1,520	0,830	3,310	7,880	0,750
	40%	1,000	0,930	0,450	1,300	0,830	3,310	7,880	0,800
Cerâmica vermelha	10%	1,000	0,840	0,080	2,170	0,830	3,310	7,880	0,620
	25%	1,000	0,70	0,200	2,170	0,830	3,310	7,880	0,640
	50%	1,000	0,460	0,400	2,170	0,830	3,310	7,880	0,700
	75%	1,000	0,230	0,600	2,170	0,830	3,310	7,880	0,740

Para cada traço da confecção de concreto, foram desenvolvidos 22 corpos de prova, dos quais 20 são designados para o ensaio de resistência à compressão e rompidos 4 por idade, aos 3, 7, 14, 21 e 28 dias de cura, e os outros 2 corpos de provas foram para o ensaio da porosidade aos 28 dias de endurecimento. As misturas dos materiais foram desenvolvidas de acordo com a NBR 12655 (2015) e os ensaios realizados com o concreto estão descritos na tabela 3.

Tabela 3. Ensaio realizados com o concreto

Material	Estado físico	Ensaio	Normativa
Concreto	Fresco	Abatimento (Slump Test)	NBR NM 67/1998
		Massa Específica	NBR 9833/2009
	Endurecido	Resistência à Compressão	NBR 5739/2007
		Porosidade	NBR 9778/2011

Por último, os corpos de provas foram desmoldados após 24 horas de endurecimento e mantidos em cura submersa até momentos antes de serem ensaiados. Estes foram retificados e deixados na condição saturada com superfície seca durante a execução dos ensaios.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A respeito do ensaio de porosidade realizado nos concretos, os resultados obtidos se apresentam conforme a tabela 4.

Tabela 4. Resultados da Porosidade

Traços	Referência	Polietileno Tereftalato (PET)				Cerâmica Vermelha			
		10%	20%	30%	40%	10%	25%	50%	75%
Índice de absorção de água (%)	5,27	6,18	6,48	8,8	10,15	4,46	5,57	6,88	7,41
Índice de vazios (%)	12,93	14,8	15,32	19,65	21,71	10,87	13,53	16,29	17,25

Diante dos resultados apresentados, é notório que, conforme se aumenta as substituições de resíduos, também aumenta a porosidade do concreto, isso se dá pelo fato de que conforme se eleva a porcentagem de substituição aumenta a relação água/cimento. Assim, apenas o traço com teor de 10% de substituição da cerâmica vermelha apresentou porosidade inferior ao do traço de referência.

Para o ensaio da resistência à compressão axial, nota-se que, conforme é aumentada a porcentagem de substituição, as respectivas resistências à compressão axial diminuem, o que é explicado devido ao aumento da quantidade de água recebida no traço para manter o mesmo

abatimento do concreto. Além disso, conforme aumenta a porosidade do concreto, menor será a sua resistência à compressão axial, como é visto ao comparar os resultados da porosidade da tabela 4 com os resultados da compressão axial nas figuras 1 e 2.

Figura 1. Resultados da resistência à compressão axial dos concretos com PET

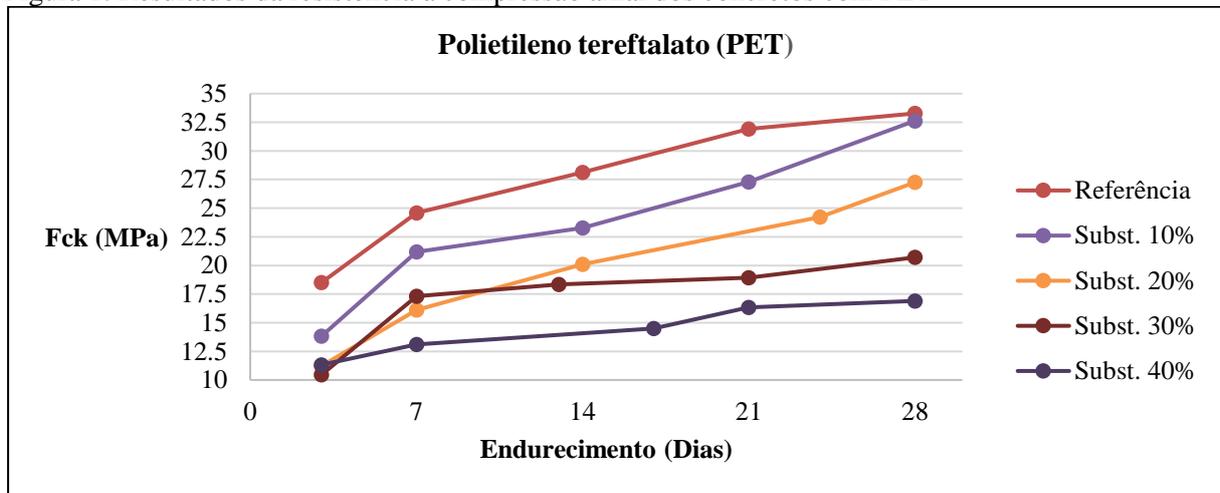
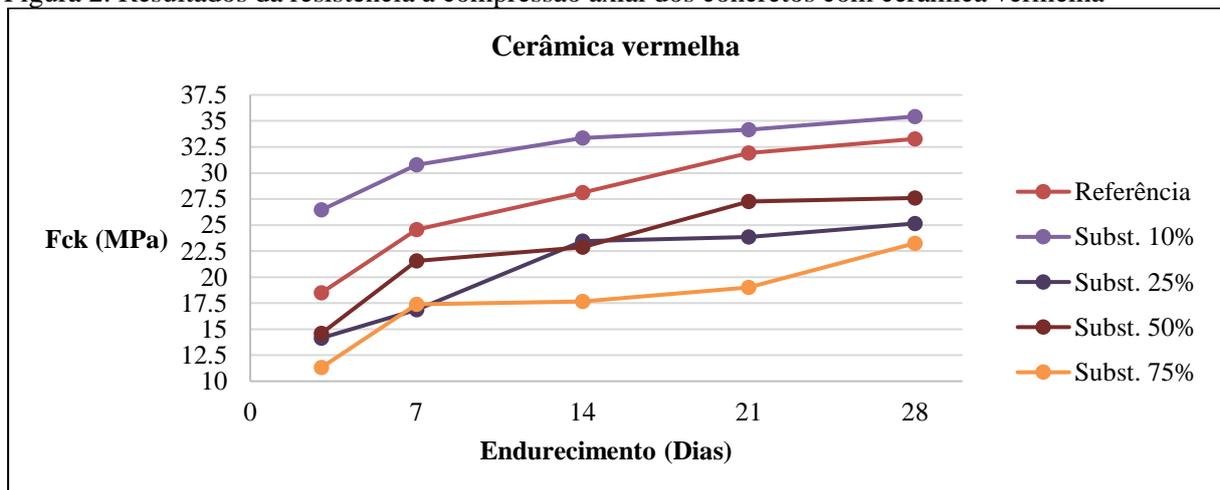


Figura 2. Resultados da resistência à compressão axial dos concretos com cerâmica vermelha



Já para as massas específicas dos concretos em estudo e os abatimentos registrados, os mesmos estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Resultados das massas específicas e abatimentos

Substituições com Polietileno tereftalato (PET)			Substituições com Cerâmica Vermelha		
Traço	Massa Especifica (Kg/dm ³)	Abatimento (mm)	Traço	Massa Especifica (Kg/dm ³)	Abatimento (mm)
Referência	2513	105,0	Referência	2513	105,0
Subs. 10%	2473	105,0	Subs. 10%	2491	95,0
Subs. 20%	2434	90,0	Subs. 25%	2483	100,0
Subs. 30%	2368	95,0	Subs. 50%	2471	115,0
Subs. 40%	2316	105,0	Subs. 75%	2428	95,0

Analisando os resultados, percebe-se que com o aumento do teor de substituição de resíduos, a massa específica do concreto no estado fresco diminui, tanto para o PET, quanto para a cerâmica vermelha.

Além disso, percebeu-se que, quanto mais se aumenta a incorporação do resíduo cerâmico, menor é a trabalhabilidade do concreto, sendo necessário inserir mais água na mistura para atingir a

consistência desejada de 100 ± 20 mm de abatimento. Por outro lado, o PET apresentou maior trabalhabilidade que o traço de referência, com incorporações de até 20%, desta forma o fator água/cimento foi inferior aos demais. Contudo, as substituições de 30 e 40% desenvolveram-se de forma comprometida, necessitando de uma quantidade significativamente maior de água na mistura para obter a consistência desejada. Isso ocorre devido o PET ser um material impermeável, logo, não retém água em sua estrutura, assim, quanto maior a quantidade de PET presente na mistura, menor a coesão entre os materiais.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados encontrados, os traços que se destacam por apresentar melhores resultados, comparando as substituições em PET e cerâmica vermelha, são os referentes à cerâmica vermelha, uma vez que o teor de substituição de 10% de resíduo da cerâmica apresentou, em comparação com o traço de referência, uma maior resistência à compressão, menor porosidade e menor massa específica no estado fresco, assim sendo, uma opção viável para reciclagem de material substituindo o agregado natural em concretos. Por outro lado, concretos com substituições superiores a esta, tiveram uma diminuição acentuada em suas resistências à compressão.

Já para as incorporações de Polietileno Tereftalato (PET) com substituições de até 10%, o mesmo apresentou propriedades semelhantes ao traço de referência, com resistência à compressão, relação a/c e massa específica no estado fresco abaixo do traço de referência.

Diante disso, para manter as propriedades dos concretos, pode-se concluir que com teores de substituições dos agregados miúdos em até 10%, de ambos os resíduos, seriam viáveis, e a reciclagem dos resíduos poderá trazer benefícios para o meio ambiente e para a construção civil.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.
- _____. NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- _____. NBR 9833: Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- _____. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – determinação da absorção de água por imersão – índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2011.
- ARAÚJO, Márcio Augusto. A moderna construção sustentável. IDHEA-Instituto para o Desenvolvimento da habitação ecológica, 2008.
- BARBOSA, V. 1 Milhão de Garrafas Plásticas são Vendidas a cada Minuto. Revista Exame. São Paulo. 3 jul. 2017.
- CABRAL, A. E. B. e tal. Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. Cerâmica, São Paulo, v. 55, n. 336, dez. 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php>. Acesso em 15 novembro 2018.
- ROCHA, Evelise Riveros et al. A viabilidade econômica sustentável do bloco concreto com garrafa pet. MBA Gestão de Obras e Projetos-Florianópolis, 2017.