UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS MIÚDOS E FIBRAS DE RESÍDUOS DE PET EM CONCRETOS. REVISÃO

E. SANTANA
Estudante de Engenharia Civil
Universidade Federal do Espírito Santo
ES; Brasil
edipo.santana@gmail.com

J. L. CALMON
Prof. Dr. Ing. Departamento de Eng. Civil
Universidade Federal do Espírito Santo
ES; Brasil
calmonbarcelona@gmail.com

RESUMO

Apresenta-se nesse artigo a revisão das pesquisas brasileiras da utilização de agregados miúdos e fibras de resíduos de PET em concreto. Vinte e nove artigos científicos, dissertações e teses produzidas entre 2002 e 2007 tiveram seus resultados comparados em gráficos para analisar o comportamento de algumas propriedades do concreto. De uma forma geral, os concretos com substituição de agregado miúdo natural por agregado miúdo de resíduos de PET apresentaram redução no ensaio de abatimento de tronco de cone, aumento da absorção de água, além de reduzir a massa específica e a resistência à compressão axial. A adição de fibras de resíduos de PET em concretos diminui a resistência à compressão axial desse material. Já os resultados sobre resistência à tração na flexão não foram conclusivos. Por fim, de acordo com o conhecimento atual, recomenda-se o concreto com o uso de resíduos de PET para fins não estruturais.
Palavras-chave: PET. Concreto. Agregado Miúdo. Fibras.

ABSTRACT

This paper presents a review of the Brazilian research on the use of small aggregates and PET waste fibers in concrete. Twenty-nine scientific articles, dissertations and theses produced between 2002 and 2007 had their results compared in graphs to analyze the behavior of some concrete properties. In general, concretes with the substitution of natural small aggregate for a small aggregate of PET residues showed a reduction in the cone trunk abatement test, increased water absorption, besides reducing the specific mass and the resistance to axial compression. The addition of PET waste fibers to concrete reduces the axial compressive strength of this material. The results on flexural tensile strength were not conclusive. Finally, according to current knowledge, concrete is recommended with the use of PET waste for non-structural purposes.
Keywords: PET. Concrete. Fine Aggregate. Fibers.

1. INTRODUÇÃO

Um dos fatores que mais contribui com o agravamento dos problemas ambientais no Brasil, sobretudo nos centros urbanos, é a grande produção de resíduos e sua destinação inadequada. De acordo com a ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais) foram produzidos no ano de 2015 no Brasil, 218.874 toneladas por dia de Resíduos Sólidos Urbanos (resíduos resultantes da atividade doméstica e comercial dos centros urbanos), ao fim deste mesmo ano, 41,30% de todo resíduo produzido, 29.973.482 toneladas, teve destinação inadequada como lixões e aterros controlados.

Ainda de acordo com a Abelpre, em pesquisa realizada em 2006 nas cidades brasileiras com mais de 50 mil habitantes, o plástico representa 3,00% da composição dos resíduos domiciliares, deste percentual a quantidade de PET se destaca. Este polímero termoplástico, Politereftalato de Etileno (PET), representa 21% da quantidade total dos resíduos plásticos descartados no Brasil, de acordo com PIVA e WIEBECK (2004). Segundo a ABIPET (Associação Brasileira da Indústria PET) em 2011 foram consumidas 572 mil toneladas de PET no Brasil, das quais 42,90% foram descartadas sem a possibilidade de ter uma nova utilidade; um volume muito grande para um material com tempo de decomposição médio de aproximadamente 400 anos.

ZANIN e MANCINI (2000) afirmam que a reciclagem mecânica de plásticos é o modo mais convencional de se recuperar o valor agregado do PET. Uma vez reciclado, o PET tem como principais usos finais, de acordo com levantamento da ABIPET, Resinas Insaturadas e Alquídicas (28,6%), Embalagens para alimentos e não alimentos (25,7%) e Têxteis (25,7%). Logo, o acréscimo da utilização de resíduos de PET em funções diferentes das que são usualmente utilizados faz vislumbrar um possível aumento da taxa de reciclagem deste material no Brasil.
PARENTE (2006) cita como propriedades do PET a alta resistência à ruptura, rigidez, boa resistência química a abrasão, resistência ao impacto na forma orientada, baixo coeficiente de fricção e fácil reciclabilidade. Tais propriedades chamaram a atenção de acadêmicos brasileiros que desde o inicio dos anos 2000 pesquisam por formas de melhorar as propriedades do concreto com o uso de resíduos de PET, seja como agregado gráudo ou miúdo, seja como fibras adicionadas a mistura do concreto.

O presente artigo se volta a apresentar e discutir os resultados obtidos por pesquisadores na investigação das propriedades do concreto, usando como substituição parcial ou total do agregado miúdo natural por resíduos de PET e usando como adição de fibras de PET.

2. METODOLOGIA

No inicio do desenvolvimento deste trabalho buscou-se por publicações sobre o uso de resíduos de PET em concretos, independentemente da função deste polímero na mistura de concreto, desde que tivessem ao menos um autor brasileiro. Anais de eventos científicos, artigos publicados em revistas científicas, teses de doutorado e dissertações de mestrado e graduação foram objetos de busca em sites especializados em publicações acadêmicas, bancos de dados de publicações científicas e repositórios de Universidades Federais e Estaduais de todo o Brasil.

Logo, as produções científicas encontradas foram analisadas individualmente e em seguida descartou-se publicações sem os resultados numéricos divulgados ou sem dados de referência, como por exemplo, a ausência de um corpo de prova de controle ou referência (sem nenhuma adição de resíduo) em testes mecânicos.

De posse das publicações com as informações consideradas mínimas para este estudo, dividiu-se os trabalhos em duas categorias de acordo com o uso do resíduo de PET no concreto, chegando ao número de 13 publicações onde o resíduo foi utilizado como agregado miúdo, 3 publicações que exploraram o uso do resíduo como agregado graúdo e 16 publicações que estudaram os efeitos da adição de fibras de resíduos PET. Considerou-se que as três publicações sobre o uso do resíduo de PET como agregado graúdo são insuficientes para demonstrar os efeitos deste resíduo no concreto, dessa forma este estudo irá compor apenas o estado da arte do uso de resíduos de PET como agregado miúdo e fibras no concreto. A seguir, nas tabelas 01 e 02, são apresentadas as publicações selecionadas para serem utilizadas nesse estudo, seus respectivos autores, ano de publicação e universidade de origem dos autores.

Tabela 1 – Publicações selecionadas sobre a substituição do agregado miúdo natural por agregados miúdos de resíduos de PET em concreto

N°	Título	Autor(es)	Ano	Universidade
1	Uso de areia de PET na fabricação de concretos.	OLIVEIRA, D. D. et al	2004	UNIVALE (MG)
2	Desenvolvimento e caracterização de concreto de cimento Portland contendo resíduos poliméricos de PET.	MODRO, N. L. R.	2008	UNIVILLE (SC)
3	Estudo de viabilidade do PET reciclado em concreto sob aspecto da resistência a compressão.	PIETROBELLI, E. R.	2010	UNOCHAPECO (SC)
4	Estudo das propriedades mecânicas de compósitos obtidos através da incorporação do PET triturado em microconcretos.	GOTARDI, F. G. N.	2014	UEMS (MS)
5	Analise das propriedades físicas do concreto obtido com uso de polietileno tereftalato (PET).	CAMPOS, C. F. S.	2014	UNOESTE (SP)
6	Obtenção de concreto leve: um estudo sobre a adição de polímero com grupos funcionais (PET) e com grupos funcionais (PP).	CORREA, P. M.; JÚNIOR, L. F. R.	2014	Centro Universitário Franciscano (RS)
7	Reciclagem de PET, visando a substituição do agregado miúdo no concreto leve.	CORREA, P. M.; SANTANA, R. M. C.	2014	UFRGS (RS)
8	Verificação da condução térmica de concretos produzidos com a incorporação de diferentes concentrações de garrafa PET.	GONÇALVEZ, L. S.; TOMMASELLI. M. A. G	2014	UFGD (MS)
9	Verificação da condução térmica de concretos produzidos a partir de garrafas PET.	SILVA, E. P.; TOMMASELLI. M. A. G	2014	UFGD (MS)
10	Estudo comparativo da influência da adição de PET e PP pós-consumo na produção do concreto estrutural.	CORREA, P. M.	2015	UFRGS (RS)
11	Viabilidade da substituição parcial do agregado miúdo natural por agregado de PET em concretos convencionais.	JARDIM, R. R. et al.	2016	UNIPAMPA (RS)
12	Influência da substituição parcial da areia de PET na durabilidade e propriedades mecânicas de concretos.	MOURA, N. B.; VENQUIARUTO , S. D	2016	UNIPAMPA (RS)
13	Avaliação das propriedades físico-mecânicas de concretos com pet e areia de britagem.	AQUINO, J. L . S.; MORAIS, C. R. S.	-	UFCG (PB)

Tabela 2 – Publicações selecionadas sobre a adição de fibras de resíduos de PET em concretos

N°	Título	Autor(es)	Ano	Universidade
14	Investigação das propriedades mecânicas de concretos reforçados com fibras PET.	CORÓ, A. G.	2002	UNIJUÍ (RS)
15	Avaliação de concreto reforçado com fibras de polietileno tereftalato (PET).	PELISSER, F.	2002	UFSC (SC)
16	Concreto de alto desempenho reforçado com fibras de polipropileno e sisal submetido a altas temperaturas.	VELASCO, R. V.	2002	UFRJ (RJ)
17	Aspectos do comportamento e da degradação de matrizes de concreto de cimento Portland reforçados com fibras provenientes da reciclagem de garrafa PET.	MARAGON, E.	2004	UNIJUÍ (RS)
18	Avaliação de desempenho de concretos de cimento Portland, reforçados com fibras de PET, por ensaios de ultra-sonografia e condutividade térmica.	TOLENTINO, E.; BASTOS, S. C. L. P.	2007	UNILESTE (MG)
19	Comportamento do concreto reforçado com fibras plásticas produzidas com garrafas PET.	RIBEIRO, R. A. C. et al.	2010	UGF (RJ)
20	Avaliação de concreto com adição de fibras de PET submetido a altas temperaturas.	MENESES, I. A.	2011	UFRN (RN)
21	Efeitos da adição de fibras de garrafas PET em concreto para fins de produção de pavers,	COSTA, T. da; ABDALA P. J . P.	2013	CESCAGE (PR)
22	O uso de fibras de PET em placas de concreto armado sujeitas à flexão.	MUÑOZ, R. et al.	2014	UFBA (BA)
23	Concreto com adição de fibras de Politereftalato de etileno.	SCHETTINO, R. M.	2015	UniFOA (RJ)
24	Análise das Contribuições Mecânicas de Fibras Filetadas de Garrafas PET no Concreto Reforçado com Fibras.	JÚNIOR, A . O. et al.	2016	CEULP (TO)
25	Análise das propriedades mecânicas de concreto produzido com fibras de PET (polietileno tereftalato).	OLIVEIRA, F. A. D. de et al.	2016	UFERSA (RN)
26	Análise da resistência a tração do concreto com fibra de Politereftalato de etileno reciclado.	PEREZ, D. M. et al.	2017	UNIPAMPA (RS)
27	Estudo sobre a viabilidade do desenvolvimento de concreto permeável com resíduos de construção e demolição e adição de fibras.	BENVEGNÚ, D. E.; PEREIRA; F. B. C.; GRAEFF, A. G.	2017	UFRGS (RS)
28	Caracterização Mecânica de Compósitos Cimentícios Reforçados com Fibras de Politereftalato de Etileno Espiraladas.	RODRIGUES, P. F. et al.	2017	UFMT (MT)
29	Análise da variação do volume de fibra de PET no concreto a fim de aumentar a resistência à tração por compressão diametral.	GOMES, L. D. S. et al.	2012	UFPA (PA)

Em seguida, foi feito o levantamento de quantas vezes os ensaios de concreto no estado fresco e os ensaios físicos e mecânicos do concreto foram realizados nas publicações selecionadas, chegando aos resultados apresentados nas figuras 01 e 02. Foi definido que para os resultados de um ensaio serem utilizados nesse estudo, estes deveriam ter sidos realizados pelo menos por 50% das publicações selecionadas de cada categoria.

Figura 1 – Ensaios realizados em concretos com uso de agregados miúdos de resíduos de PET

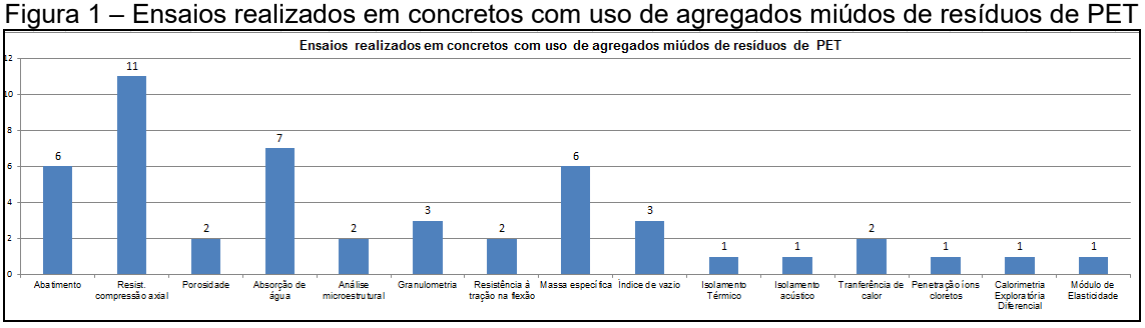
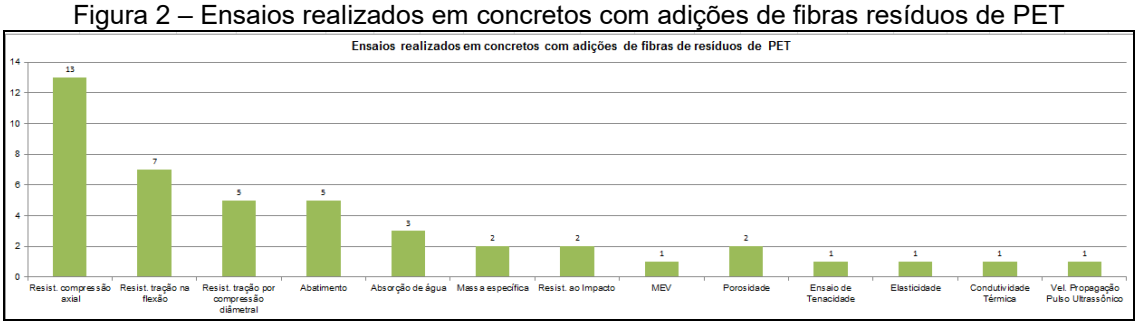


Figura 2 – Ensaios realizados em concretos com adições de fibras resíduos de PET



Em analise das figuras apresentadas, verificou-se que para as publicações que utilizaram agregados miúdos de resíduos de PET, somente os ensaios de Abatimento de tronco de cone, Resistência a compressão axial, Absorção de água e Massa específica foram realizados em quantidade suficiente para serem analisados neste estudo. Já para as produções científicas que estudaram os efeitos de adições de fibras de PET no concreto somente os ensaios de Resistência à compressão axial e Resistência à tração na flexão foram realizados em quantidade vezes suficientes para serem analisados neste estudo.

Para cada um dos ensaios selecionados, foi plotado um gráfico de dispersão no software Excel, no qual cada ponto representou um valor encontrado por determinado(s) autor(es), sendo a coordenada abscissas correspondente a porcentagem de resíduo ou fibra utilizado no concreto, já a coordenada ordenada representa o valor relativo da propriedade estudada, isto é, os valores encontrados com a adição, por cada autor em relação aos valores dos corpos de prova de refrência ou controle de cada autor. Esses gráficos serviram como base para as discussões presentes nos resultados.

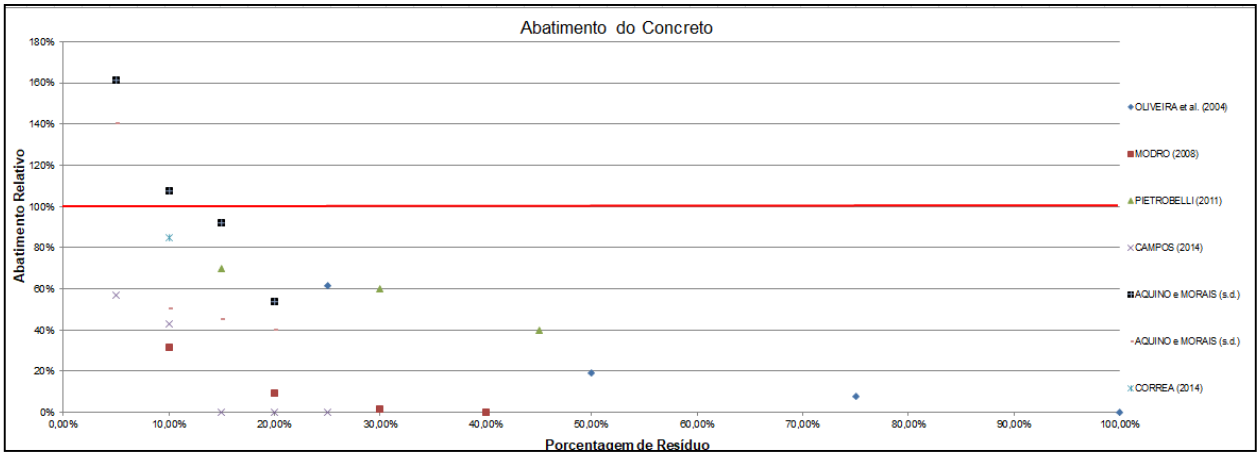
3. RESULTADOS

3.1 Agregado miúdo de resíduos de PET

3.1.1 Abatimento

A partir dos resultados coletados das publicações selecionadas foi construído o gráfico apresentado na figura 3 e com base em sua interpretação, verificou-se que quanto maior a substituição do agregado miúdo natural por agregado miúdo de resíduo de PET, menor será o abatimento do concreto, em um comportamento similar a uma função exponencial negativa decrescente. A configuração do gráfico não permitiu concluir uma porcentagem mínima de resíduo que não interfira no abatimento do concreto.

Figura 3 – Comportamento do abatimento de concretos com diferentes percentuais de agregado miúdo com resíduos de PET



3.1.2 Resistência à compressão axial

Analisando os gráficos para as três idades do concreto, foi possível verificar que de uma forma geral a substituição do agregado natural por agregado miúdo de resíduo de PET diminui a resistência à compressão axial do concreto. Todavia, aos vinte e oito dias de idade, amostras com substituições de até 10,00% não apresentaram quedas significativas da resistência à compressão axial do concreto.

Figura 4 – Comportamento da resistência à compressão axial de concretos aos 7 dias com diferentes percentuais de agregado miúdo com resíduos de PET

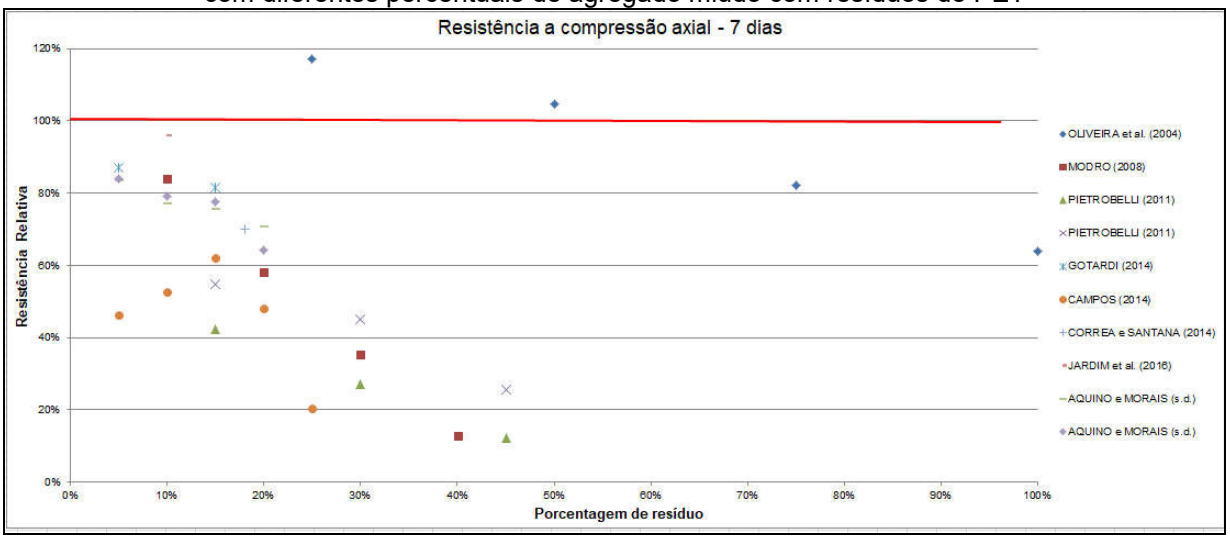


Figura 5 – Comportamento da resistência à compressão axial de concretos aos 14 dias com diferentes percentuais de agregado miúdo com resíduos de PET

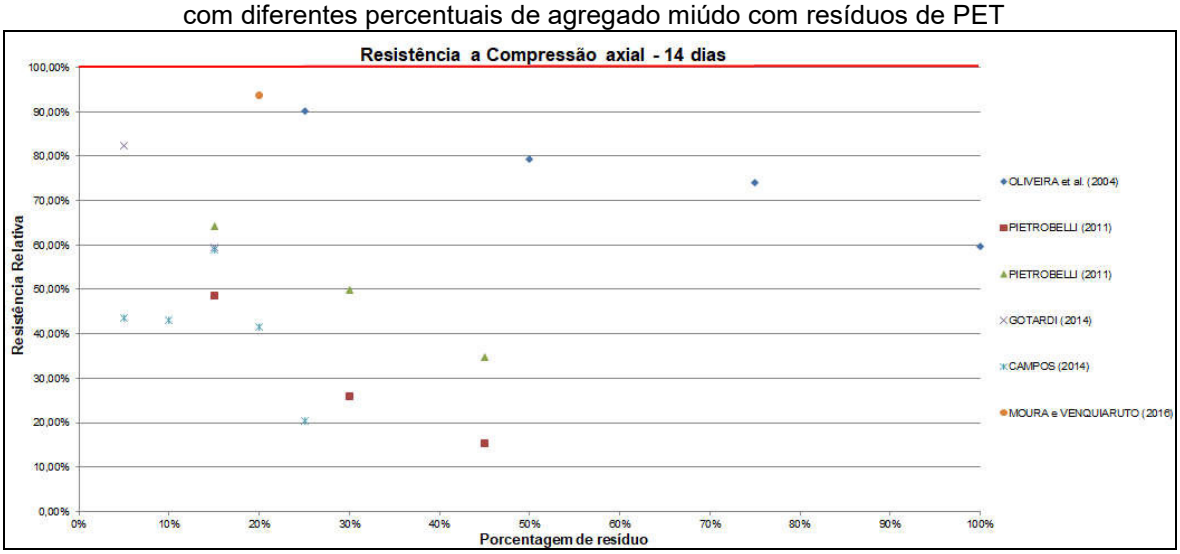
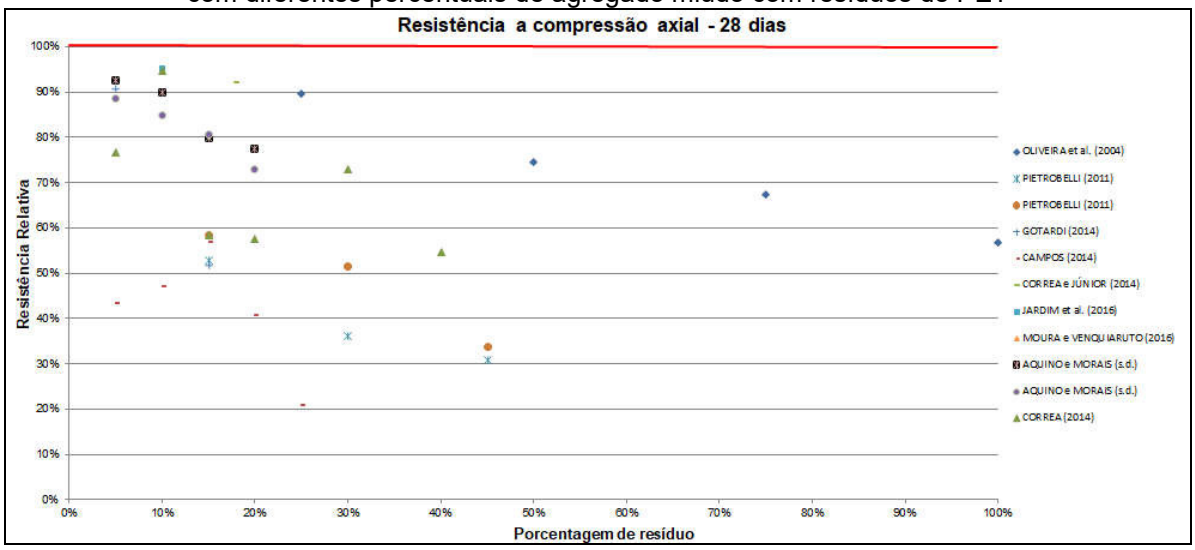


Figura 6 – Comportamento da resistência à compressão axial de concretos aos 28 dias com diferentes percentuais de agregado miúdo com resíduos de PET



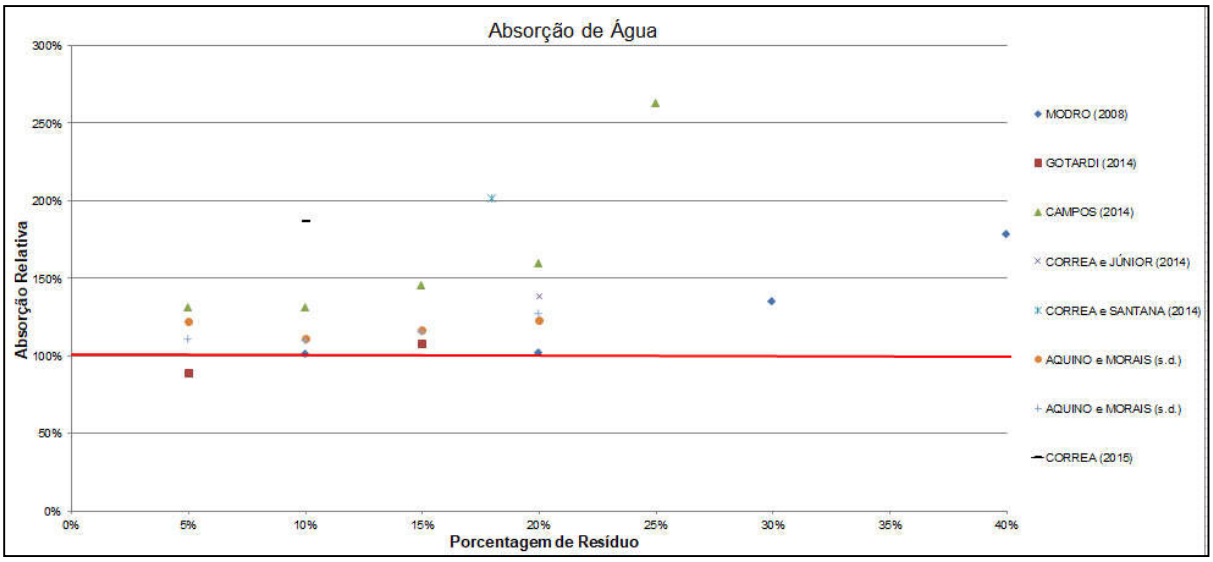
3.1.3 Absorção de água

Com base no gráfico gerado a partir do resultado de oito publicações, apresentado na figura 7, é possível afirmar que o aumento da substituição do agregado miúdo natural por agregado miúdo de resíduo de PET reflete no aumento da absorção de água.

Esse aumento de absorção de água poder ter ocorrido devido às características hidrofílicas do PET onde a água presente é absorvida pela matriz cimentícia, excedendo a quantidade à necessária a sua hidratação, ocasionando o aumento da porosidade e consequentemente do percentual de absorção de água (CANELLAS, 2005).

Ainda de acordo com análise do gráfico apresentado na figura 7, conclui-se que índices de substituição do agregado natural por agregado miúdo de resíduo de PET a partir de 5,00% aumentam a absorção de água do concreto.

Figura 7 – Comportamento da absorção de concretos com diferentes percentuais de agregado miúdo com resíduos de PET

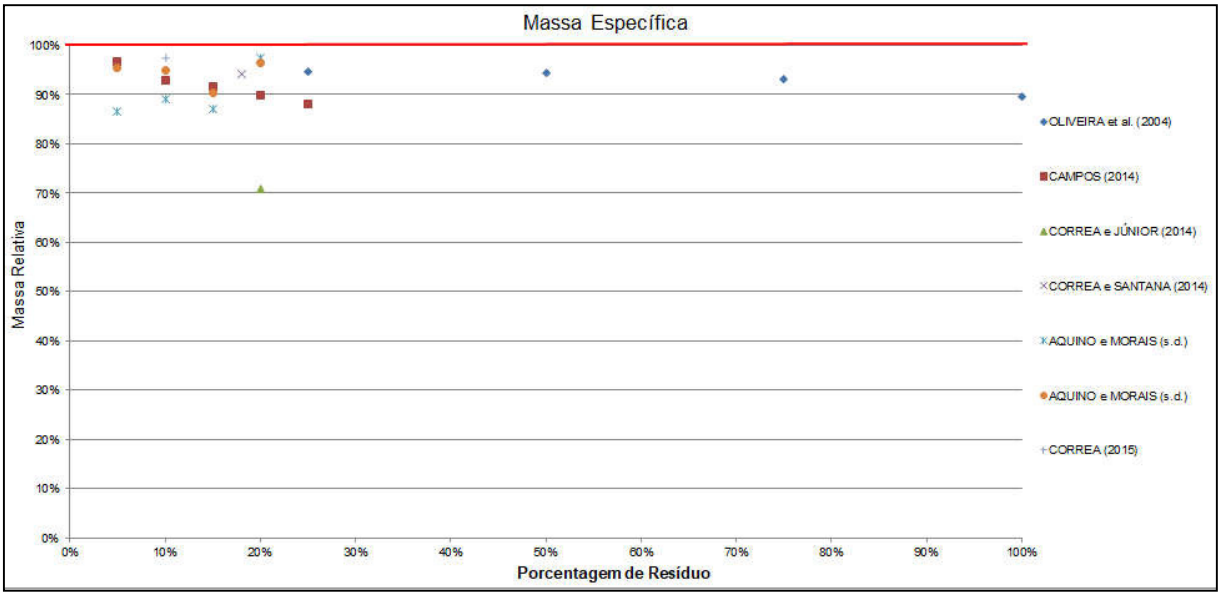


3.1.4 Massa específica

A massa específica de concretos com presença de agregado miúdo de PET apresentou tendência de queda com comportamento semelhante a uma função linear decrescente. Em adição, percebeu-se que mesmo nos menores percentuais de substituição, os concretos apresentaram queda na massa específica, tal fato se deve a massa específica do agregado miúdo de PET ser inferior a massa específica do agregado miúdo natural.

Embora a queda da massa específica seja clara, não é possível classificar concretos com este tipo de substituição como leves, pois de acordo com METHA E MONTEIRO (1994) essa denominação é aplicada em concretos com pesos específicos dois terços abaixo dos concretos feitos com agregados naturais típicos.

Figura 8 – Comportamento da massa específica de concretos com diferentes percentuais de agregado miúdo com resíduos de PET



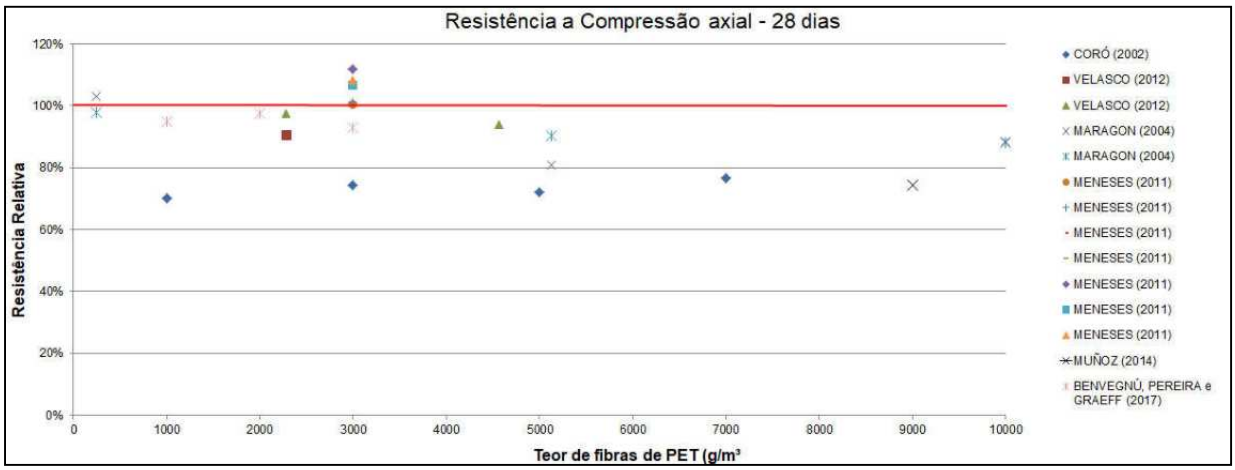
3.2 Fibras de resíduos de PET

3.2.1 Resistência à compressão axial

A partir da interpretação do gráfico apresentado na figura 9, gerado com os dados coletados das publicações selecionadas, conclui-se que de uma forma geral, aos vinte e oito dias de idade, concretos com adição de fibras de resíduos de PET apresentaram queda na resistência a compressão axial.

Os valores encontrados pela maioria dos autores apresentaram comportamento oscilatório, não sendo possível afirmar com precisão um teor de adição que não comprometa a resistência do concreto à compressão axial.

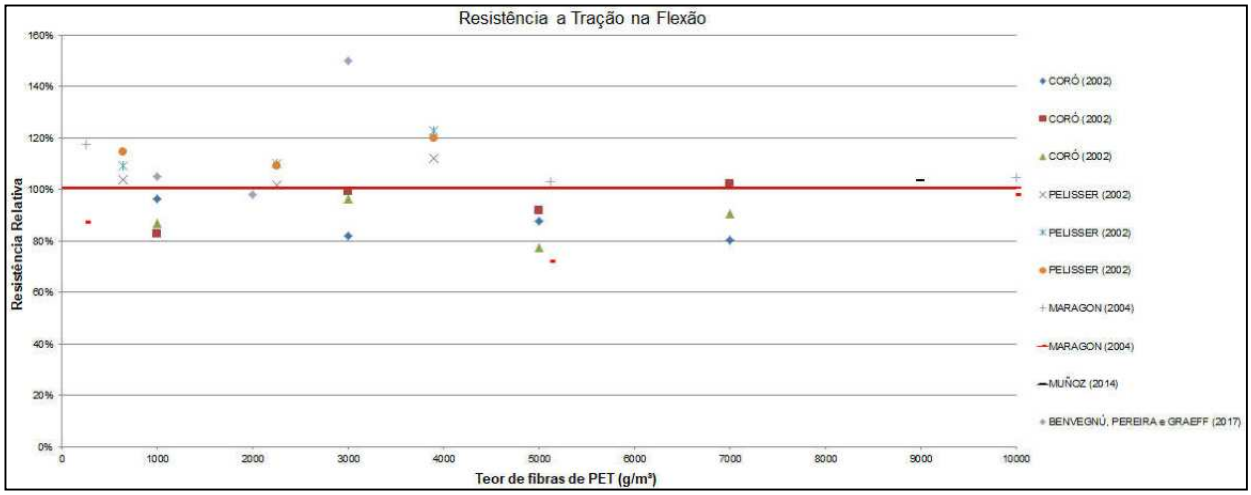
Figura 9 – Comportamento da resistência à compressão axial de concretos aos 28 dias com diferentes teores de fibras de resíduos de PET



3.2.2 Resistência à tração na flexão

De acordo com a interpretação do gráfico presente na figura 10, foi possível verificar que de forma semelhante aos resultados encontrados pelos autores cujos resultados estão plotados no gráfico apresentado na figura 9, os valores de resistência à tração na flexão apresentaram comportamento oscilatório, impossibilitando afirmar como as fibras de resíduo de PET interferem na resistência à tração na flexão de concretos. Tal comportamento exige mais pesquisa, sugerindo-se analisar se há contribuição positiva na tenacidade do concreto.

Figura 10 – Comportamento da resistência a tração na flexão de concretos aos 28 dias com diferentes teores de fibras de resíduos de PET



4. CONCLUSÕES

Ao confrontar os resultados encontrados por pesquisadores brasileiros, concluiu-se que a substituição de agregado miúdo natural por agregado miúdo de resíduos de PET reduz o abatimento do concreto, aumenta a absorção de água, além de reduzir a massa específica e a resistência à compressão axial. A adição de fibras de resíduos de PET em concretos diminui a resistência à compressão axial deste material, já os resultados sobre resistência à tração na flexão não foram conclusivos.

Mesmo que se tenha verificado a diminuição a resistência à compressão axial, a utilização de resíduos de PET pode ser indicada para concretos de função não estrutural, diminuindo o custo da obra e reduzindo o volume de resíduos de PET no meio ambiente.

Para novas publicações, recomenda-se o estudo mais aprofundado da adição de fibras de PET na resistência à tração na flexão de concretos, visto que ao comparar os resultados encontrados por diferentes autores brasileiros não foi possível chegar a um resultado concludente, sugerindo-se que as pesquisas devem continuar no sentido de analisar a melhoria ou não da tenacidade do concreto com a adição de fibras de PET. Vale sugerir que outras propriedades sejam mais estudadas, tais como: propriedades térmicas e acústicas, microestrutura, impacto, durabilidade, etc, no sentido de aumentar o conhecimento sobre a adição do PET com agregado miúdo e fibras no concreto.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo suporte financeiro para realização dessa pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

AQUINO, J. L. S.; MORAIS, C. R. S. **Avaliação das propriedades físico-mecânicas de concretos com pet e areia de britagem.** Universidade Federal de Campina Grande, s.d.

BENVEGNÚ, D. E.; PEREIRA; F. B. C.; GRAEFF, A. G. **Estudo sobre a viabilidade do desenvolvimento de concreto permeável com resíduos de construção e demolição e adição de fibras,** In: EUROELECS, 2017, São Leopoldo, Anais. São Leopoldo, Universidade do Vale dos Sinos, 2017, p. 1259-1267.

COSTA, T. da; ABDALA P. J . P.; **Efeitos da adição de fibras de garrafas PET em concreto para fins de produção de pavers**, Revista Technoeng, Ponta Grossa, n.7, p. 17-28, Jan./Jul. 2013.

CORÓ, A. G.; **Investigação das propriedades mecânicas de concretos reforçados com fibras PET.** 2002, 43p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2002.

CAMPOS, C. F. S.; **Analise das propriedades físicas do concreto obtido com uso de polietileno tereftalato (PET).** Colloquium Exactarum, v. 6, n.4, Nov-Dez. 2014, p.31 –39. DOI:10.5747/ce.2014.v06.n4.e097.

CORREA, P. M.; **Estudo comparativo da influência da adição de PET e PP pós-consumo na produção do concreto estrutural.** 2015. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

CORREA, P. M.; JÚNIOR, L. F. R. **Obtenção de concreto leve: um estudo sobre a adição de polímero com grupos funcionais (PET) e com grupos funcionais (PP).** Disciplinarum Scientia. Série: Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 99-109, 2014.

CORREA, P. M.; SANTANA, R. M. C. **Reciclagem de PET, visando a substituição do agregado miúdo no concreto leve.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 9, 2014, Porto Alegre, Anais, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

GOMES, L. D. S. et al.; **Análise da variação do volume de fibra de PET no concreto a fim de aumentar a resistência à tração por compressão diametral.** Universidade Federal do Pará, 2012.

GONÇALVEZ, L. S.; TOMMASELLI. M. A. G. **Verificação da condução térmica de concretos produzidos com a incorporação de diferentes concentrações de garrafa PET.** In: ENCONTRO DE ENSINO, PEQUISA E EXTENSÃO, 5, 2014, Dourados, Anais, Dourados, Universidade Federal da Grande Dourados, 2014.

GOTARDI, F. G. N. **Estudo das propriedades mecânicas de compósitos obtidos através da incorporação do PET triturado em microconcretos.** In: ENCONTRO DE ENSINO, PEQUISA E EXTENSÃO, 5, 2014, Dourados, Anais, Dourados, Universidade Federal da Grande Dourados, 2014.

JARDIM, R. R. et al. **Viabilidade da substituição parcial do agregado miúdo natural por agregado de PET em concretos convencionais.** In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 8, 2016, Bagé, Anais, Universidade Federal do Pampa, 2016.

JÚNIOR, A . O. et al. **Análise das Contribuições Mecânicas de Fibras Filetadas de Garrafas PET no Concreto Reforçado com Fibras.** Centro Universitário Luterano de Palmas, 2016.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** 1. ed. São Paulo: Pini, 1994. 573 p.

MOURA, N. B.; VENQUIARUTO, S. D. **Influência da substituição parcial da areia de PET na durabilidade e propriedades mecânicas de concretos.** In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 8, 2016, Bagé, Anais, Universidade Federal do Pampa, 2016.

MANCINI, S. D.; ZANIN, M. **Polímeros. Cienc. Tecnol**., v.12, n.34, p.123-6, 2002.

MARAGON, E; **Aspectos do comportamento e da degradação de matrizes de concreto de cimento Portland reforçados com fibras provenientes da reciclagem de garrafa PET.** 2004, 74p, Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2004.

MENESES, I. A.; **Avaliação de concreto com adição de fibras de PET submetido a altas temperaturas.** 2011, 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

MODRO, N. L. R. **Desenvolvimento e caracterização de concreto de cimento Portland contendo resíduos poliméricos de PET.** 2008, 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade da Região de Joinville.

MUÑOZ, R. et al. **O uso de fibras de PET em placas de concreto armado sujeitas à flexão.** In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEIS, 1, 2014, Guimarães, Portugal, Anais, Universidade Federal da Bahia, 2014.

OLIVEIRA, D. D. et al. **Uso de areia de PET na fabricação de concretos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2004, Florianópolis, Anais, p. 4415-4423, Universidade Vale do Rio Doce, 2004.

OLIVEIRA, F. A. D. de et al.; **Análise das propriedades mecânicas de concreto produzido com fibras de PET (polietileno tereftalato).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 7, 2016, Campina Grande, Anais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

PARENTE, R. A.; **Elementos estruturais de plástico reciclado.** Escola da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

PELISSER, F.; **Avaliação de concreto reforçado com fibras de polietileno tereftalato (PET)**. 2002, 112p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

PEREZ, D. M. et al. **Análise da resistência a tração do concreto com fibra de Politereftalato de etileno reciclado.** In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 7, 2015, Bagé, Anais, Universidade Federal do Pampa, 2015.

PIETROBELLI, E. R. **Estudo de viabilidade do PET reciclado em concreto sob aspecto da resistência a compressão.** 2010, 71p. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Comunitária Regional de Chapecó, Chapecó, 2011.

PIVA, A. M.; WIEBECK, H. (2004). **Reciclagem do plástico – como fazer da reciclagem um negócio lucrativo.** São Paulo: Editora Artliber.

RIBEIRO, R. A. C. et al; **Comportamento do concreto reforçado com fibras plásticas produzidas com garrafas PET.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 38, 2010, Fortaleza, Anais, Universidade Gama Filho, 2010.

RODRIGUES, P. F. et al.; **Caracterização Mecânica de Compósitos Cimentícios Reforçados com Fibras de Politereftalato de Etileno Espiraladas.** E&S - Engineering and Science, 2017, 6:1

SCHETTINO, R. M.; **Concreto com adição de fibras de Politereftalato de etileno.** 2015, 65 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Centro Universitário de Volta Redonda, 2015.

SILVA, E. P.; TOMMASELLI. M. A. G. **Verificação da condução térmica de concretos produzidos a partir de garrafas PET.** In: ENCONTRO DE ENSINO, PEQUISA E EXTENSÃO, 5, 2014, Dourados, Anais, Dourados, Universidade Federal da Grande Dourados, 2014.

TOLENTINO, E.; BASTOS, S. C. L. P.; **Avaliação de desempenho de concretos de cimento Portland, reforçados com fibras de PET, por ensaios de ultra-sonografia e condutividade térmica.** PRINCIPIUM ONLINE: Iniciação Científica no Unileste-MG, Coronel Fabriciano, v. 1, n. 2, p.57-66, out. 2007.

VELASCO, R. V.; **Concreto de alto desempenho reforçado com fibras de polipropileno e sisal submetido a altas temperaturas.** 2002, 132p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.