

**VIABILIZAÇÃO DO USO DO CONCRETO COM RESÍDUO DE GARRAFA PET
RECICLADA**

**VIABILITY OF THE USE OF CONCRETE WITH RECYCLED PET BOTTLE
RESIDUE**

Cristiane Presoto Pinzetta¹

Poliana Bellei²

Submetido em 18-02-2019

Aprovado em 21-05-2019

Revista Infinity

Revista dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil e Engenharia de Produção.

Uceff – Campus Itapiranga

Vol. 4, nº 2, 2019

ISSN 2525-3204

¹Engenheira Civil, Unidade de Educação Faem Faculdades. E-mail: cristianepresoto@hotmail.com

² Professora Mestra, Unidade de Educação Faem Faculdades. E-mail: polianabellei@gmail.com

Resumo

A fabricação de um concreto mais sustentável vem sendo estudado a tempos, pois sua utilização na construção civil é de extrema importância. Para a engenharia, criar novo método de construção, mais econômico, eficaz e ecológico. O uso do PET (Politereftalato de Etileno) na construção é um grande avanço para o equilíbrio ecológico, enquanto as garrafas estão sendo usadas no concreto das construções, não estão sendo jogadas nas ruas, ou espalhadas nas grandes metrópoles, diminuindo assim, a quantidade de lixo. Esse trabalho tem como objetivo principal avaliar o desempenho no estado fresco e endurecido do concreto convencional com e sem substituição parcial do agregado miúdo por flocos de PET. O estudo avalia o comportamento do concreto com adição de PET em seu traço referência, onde foram produzidos concretos utilizando 2 %, 3 % e 9 %. Após a coleta e análise dos dados, por meio dos ensaios no estado fresco e endurecido (consistência, resistência à compressão, e Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV), pode-se constatar que a adição de PET no concreto convencional demonstrou-se viável, pois, em alguns casos, as substituições apresentaram valores de resistência similares, ou até superiores ao traço referência. Isso, mostra, que, quanto mais estudos relacionados ao uso de materiais reciclados na construção civil, nesse caso, o PET, pode-se ter maior convicção que esses resíduos ganhem um novo destino.

Palavras-chave: Concreto; Construção Civil; Meio-Ambiente; PET; Reciclagem.

Abstract

The manufacture of a more sustainable concrete has been studied for some time, since its use in civil construction is of extreme importance. For engineering, create new construction method, more economical, effective and environmentally friendly. The use of PET (polyethylene terephthalate) in construction is a major breakthrough for the ecological balance, while bottles are being used in the concrete of buildings, not being thrown on the streets, or scattered in large metropolises, thus reducing the amount of waste. This work has as main objective to evaluate the performance in the fresh and hardened state of the conventional concrete with and without partial replacement of the small aggregate by PET flakes. The study evaluates the behavior of concrete with addition of PET in its reference trace, where concrete was produced using 2%, 3% and 9%. After the collection and analysis of the data, by means of the tests in the fresh and hardened state (consistency, compressive strength and Scanning Electron Microscopy - SEM), it can be described that the addition of PET in conventional concrete proved to be feasible, because, in some cases, the substitutions presented resistance values similar or even higher than the reference trait. This shows that the more studies related to the use of recycled materials in construction, in this case the PET, it can be more convinced that these residues gain a new destination.

Concrete; Construction; Environment; PET; Recycling: Keywords.

Considerações iniciais

Essa pesquisa avaliou o desempenho no estado fresco e endurecido do concreto convencional com e sem substituição parcial do agregado miúdo por flocos de PET.

O tema escolhido propõe o incentivo do uso de materiais recicláveis na construção civil, como a garrafa PET, reutilizando materiais que seriam descartados, ou simplesmente jogados em lixões e aterros, proporcionando um novo destino a esse material. Além de reduzir custos, o PET produz um concreto com características sustentáveis, pois gera benefícios ao meio ambiente com a reutilização desse material.

A reciclagem desse resíduo é uma das alternativas para minimizar esse impacto ao meio ambiente. No Brasil o Politereftalato de Etileno (PET) foi introduzido em 1988, trazendo muitas vantagens ao consumidor, e com isso, também o desafio de dar um destino correto para este resíduo. Apesar dos índices comprovarem que o PET é um dos materiais mais reciclado no Brasil e em outros países, sobram ainda cerca de 175 mil toneladas de polímero no ano sem reciclar. Considerando que esses materiais são frascos de refrigerante de dois litros, com cinquenta gramas cada, foram quase 3,5 bilhões de garrafas anuais sem reciclar. Certamente essas garrafas foram destinadas a locais inadequados como rios, lagos e lixões (CNI; SENAI; IEL, 2010).

O PET é resistente a pressão interna e a impactos mecânicos e químicos, possui uma excelente adequação e assim tolera o contato com agentes agressivos, é variável em cores e designs, possui um vasto processo de produção, assim aumentando sua produtividade e rendimento, devido ao seu baixo peso o preço de fretes é mais reduzido, e o principal entre todas as suas vantagens, o PET é um material totalmente reciclável. Porém, as maiores desvantagens desse material é que ele é de difícil decomposição ocupando assim, uma grande parte nos aterros sanitários o que contribui ao aumento dos custos de coleta seletiva, transporte e descarte final de resíduos urbanos (MACHADO; OLIVEIRA, 2014).

A construção civil é um grande vilão do meio ambiente, pois utiliza uma grande quantidade de agregados naturais, a maior parte de sua matéria prima, é extraída da natureza, ocorrendo desequilíbrio em sua volta. Esses danos causados ao meio ambiente são vistos dia a dia, para diminuir esses impactos ambientais, o uso de novos materiais estão sendo estudados. Portanto, executar obras sustentáveis garantirá um equilíbrio ecológico correto para as cidades (RIOS, 2014).

A busca por novas tecnologias construtivas que ocupem os diversos recursos disponíveis no ramo da engenharia tem sido constante. Para todo esse empenho pode-se aproveitar os financeiros disponíveis e recursos materiais, reduzir custos, eliminar desperdícios, diminuir prazos, agregar valor ao final, e cada vez mais eficientes na busca de soluções técnicas. Se tem buscado a preservação dos recursos naturais não renováveis, e evitado o uso de tecnologias ou materiais que possam causar danos ao meio ambiente. Busca-se não somente o uso mais racional das matérias-primas existentes, como também, a preservação dos recursos não renováveis necessários à sobrevivência das gerações futuras (ALMEIDA, 2010).

O estudo para a viabilização da garrafa PET na construção civil vem ganhando força a cada dia, por principalmente ter um custo menor. O processo de usar o polímero no lugar do agregado miúdo possibilita, que os poros sejam totalmente ou parcialmente tampados, fazendo, com que, consequentemente, possua durabilidade elevada (PIETROBELLI, 2010). Na maioria de suas vezes o concreto é composto por aglomerados (cimento e aditivos), agregados (areia e componentes sólidos) e água, um material de boa resistência mecânica e extremamente durável. Atualmente, devido aos acidentes ocasionados pela pouca durabilidade desse material, muitas pesquisas estão sendo realizadas para saber o motivo dessa falha e assim, empregando outros tipos de materiais, busca-se uma melhoria. Um exemplo de outros materiais adicionados ao concreto é a cinza da cana-de-açúcar, a borracha (látex) e o PET (MACHADO; OLIVEIRA, 2014).

A fabricação de concretos sustentáveis vem sendo estudada ao longo do tempos, pois a utilização desse material na construção civil é de extrema importância. Para a engenharia, o uso do PET na construção é um grande avanço para o equilíbrio ecológico, enquanto as garrafas estão sendo usadas no concreto das construções, não estão sendo jogadas nas ruas, ou espalhadas nas grandes metrópoles, diminuindo assim, a quantidade de lixo.

Materiais e Métodos

Os materiais utilizados nessa pesquisa foram: Cimento Portland CP II Z – 32, areia média, brita 1, brita 2, PET e água. O cimento escolhido para a dosagem desta pesquisa foi o cimento Votoran CP II - Z 32 da empresa Votorantim, comprado na loja Ciotta Material de construção, localizada na cidade de Chapecó - SC. O procedimento indicado pela NBR NM 23 (2001), gerou uma massa específica equivalente a $\rho = 2,89 \text{ g/cm}^3$.

A massa específica da areia foi obtida de acordo com a NBR NM 52 (2009). Consequentemente, o valor resultante para a massa específica da areia foi de $\gamma = 1,358 \text{ g/cm}^3$. Para o ensaio de massa unitária seguiu-se o procedimento indicado pela NBR NM 45 (2006), o qual corresponde tanto para o agregado miúdo e graúdo. Obteve-se um valor de massa unitária equivalente para a areia média de $\rho_{ap} = 1,59 \text{ g/cm}$. O ensaio de absorção de água da areia foi seguido conforme a norma NBR NM 30 (2001), a absorção de água desse agregado foi igual a $A = 0,57\%$.

A determinação da granulometria do agregado miúdo e graúdo procedeu de acordo com as especificações da NBR NM 248 (2003). A partir disso, pôde-se definir a curva granulométrica do agregado miúdo.

Obteve-se o módulo de finura da areia de 3,48 mm, e seu diâmetro máximo de 0,30 mm.

Para o cálculo da massa específica do agregado graúdo, o procedimento seguido foi através da NBR NM 53 (2009), o que indicou um valor de massa específica de $d = 2,79 \text{ g/cm}^3$. O ensaio de absorção de água do agregado graúdo (brita 0) é realizado juntamente com o ensaio de massa específica, indicaram um valor de absorção de água de $A = 2,0 \%$. Para a determinação da massa unitária do agregado graúdo, o valor da massa unitária foi de $\rho_{ap} = 1,56 \text{ g/cm}^3$.

A determinação da massa específica da brita 1, utilizou-se a mesma norma do ensaio da Brita 0, a qual indicou um valor de $d = 4,15 \text{ g/cm}^3$. Para o ensaio de absorção de água do agregado graúdo (brita 1) foi realizado mesmo método utilizado no agregado graúdo (brita 0), resultando em um valor de absorção de água $A = 2,35 \%$.

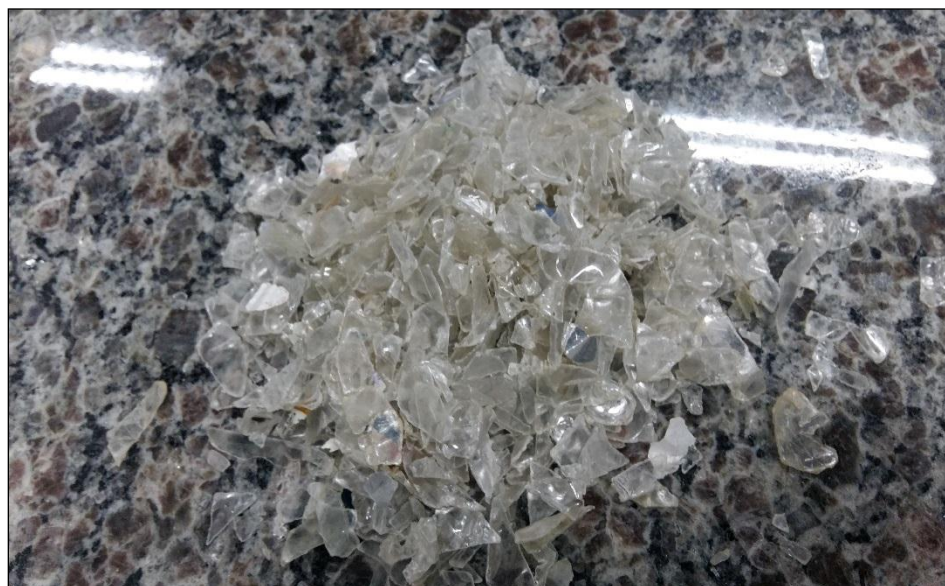
Para a determinação da massa unitária do agregado graúdo seguiu-se o mesmo procedimento do agregado miúdo e do agregado graúdo da brita 0. O valor de massa unitária foi de $\rho_{ap} = 1,53 \text{ g/cm}$.

Para a determinação da granulometria da agregado graúdo, utilizou-se a mesma norma que no ensaio do agregado miúdo, ou seja, a NBR NM 248 (2003). Com isso, obteve-se o módulo de finura para a brita 0 de 3,10 mm, e o diâmetro máximo de 12,5 mm. No caso da brita 1, obteve-se o módulo de finura para a brita 1 de 3,88 mm, e o diâmetro máximo de 19,00 mm.

O material obtido para a pesquisa eram garrafas de PET recicladas e moídas. Para a determinação da granulometria do PET, utilizou-se a NBR NM 248 (2003), conforme a classificação das peneiras estabelecidos para o agregado miúdo. O material obteve o módulo de finura de 5,92 mm, e seu diâmetro máximo de 6,33 mm.

O PET utilizado no estudo foi doado por uma empresa de Concórdia- SC, Lorenzetti Reciclagem. O material obtido para a pesquisa eram garrafas de PET recicladas e moídas. A figura 1 mostra o material de PET moído utilizado nos estudos.

Figura 1: Garrafa PET moída



Fonte: Dos Autores

Para a produção do concreto desse estudo foi necessário lavar todo o material usado, e após seca-lo em estufa, sendo esses processos feitos no Laboratório da Uceff - Faculdades. Após o material lavado e seco, foram realizados todos os ensaios de

caracterização, tanto da areia, como da brita 0, da brita 1, do cimento e do PET, já descritos.

Na tabela 1 apresenta-se os dados dos traços que foram usados no estudo.

Tabela 1 - Descrição dos traços usados no ensaio

Tipos de Traço	Traços Unitários	Água	Massa específica
Referência	1:2,33:0,95:2,20	0,65	2.606,66 kg/m ³
2 % de PET	1:2,33:0,95:2,20:0,015	0,65	2.613,33 kg/m ³
3 % de PET	1:2,33:0,95:2,20:0,024	0,65	2.620 kg/m ³
3 % de PET com menor adição de água	1:2,33:0,95:2,20:0,024	0,60	2.520 kg/m ³
9 % de PET	1:2,33:0,95:2,20:0,070	0,65	2.540 kg/m ³

Por meio do traço referência (1:2,33:0,95:2,20:0,65, ou seja, cimento, areia, brita 0, brita 1 e água, respectivamente), utilizado por Ribeiro (2010), fixou-se um abatimento de 10 ± 2 cm tentando alcançar uma resistência aos 28 dias de aproximadamente 25 MPa. Em relação as porcentagens de adição de PET na mistura, as mesmas correspondem a 2 %, 3 % e 9 %, vale ressaltar ainda a utilização dos materiais da região local. Para todas essas substituições foi mantida a mesma relação água/cimento, exceto para outro traço produzido com 3 % de PET, sendo adicionado menor adição de água, com o intuito de atingir o abatimento de 10 ± 2 cm, não sendo alcançado quando produzido o traço adicionando apenas 3 % de PET, e mantido a relação a/c, conforme o traço referência.

Apresentação e Análise dos dados

Depois da preparação do material, o mesmo foi colocado na betoneira e misturado para a produção do traço referência. Com isso, após a mistura foi realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone no estado fresco do concreto, conforme a NBR NM 67 (1998), correspondente a um abatimento igual a 9,5 cm.

O procedimento para a moldagem e cura do corpos-de-prova (CP's) foi seguida conforme a norma NBR 5738 (2015), foi utilizado molde cilíndrico com diâmetro de 100 mm, o adensamento foi realizado manualmente por uma haste metálica, o molde foi preenchido por duas camadas de concreto, cada camada recebeu 12 golpes de haste, os golpes foram distribuídos uniformemente em toda a secção transversal. Após um período de 24 horas foi feita a desforma dos CP's e curados submergidos em água com cal, deixando-os até o dia da ruptura. Antes da ruptura os CP's foram retificados, e logo depois determinado o diâmetro e a altura de cada corpo-de-prova. Foram moldados 4 corpos-de-prova para cada concreto produzido (rompimento de 2 CP's aos 7 dias e 2 CP's aos 28 dias, fazendo a média da ruptura).

Para o ensaio de resistência à compressão foi seguido a norma NBR 5739 (2007), sendo aplicado carregamento a uma velocidade constante, até atingir a ruptura. Esse ensaio foi realizado com o concreto em seu estado endurecido.

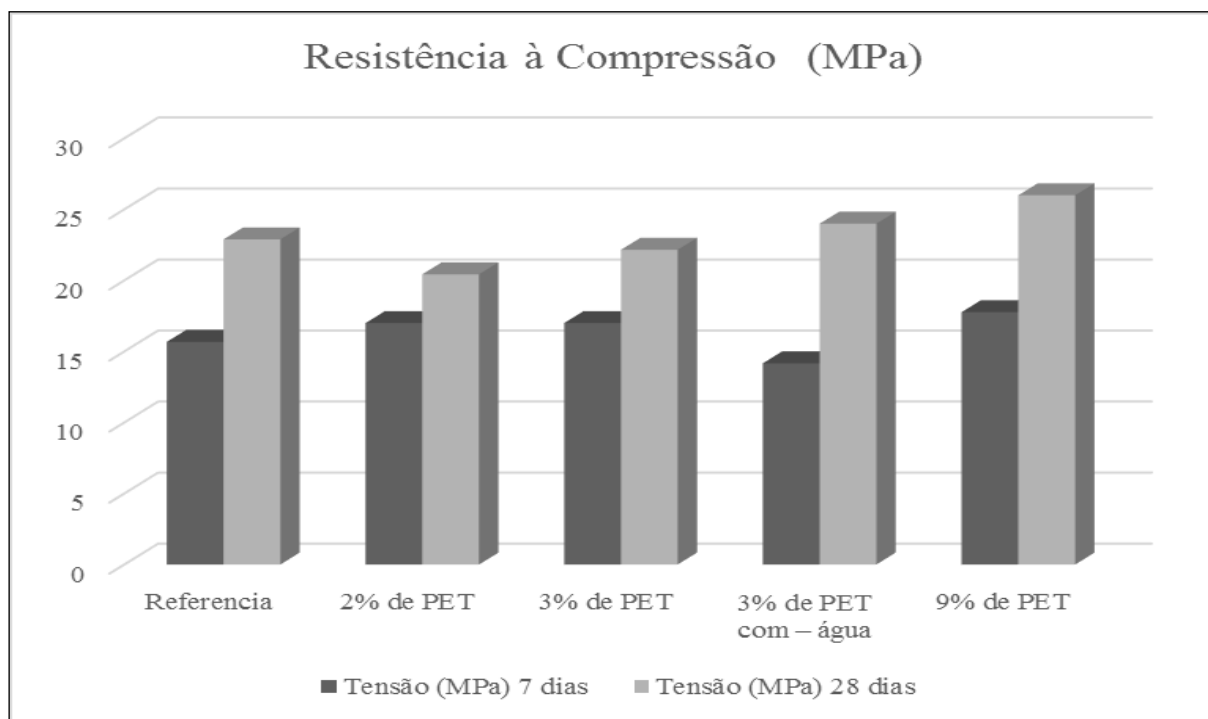
Com o intuito de analisar todos os resultados de resistência à compressão de todos os tipos de concreto produzidos, na tabela 2 apresenta-se os valores médios obtidos no ensaio dos CP's, sendo realizado a ruptura dos mesmos nos 7 dias e aos 28 dias de cura.

Tabela 2 - Resistência à compressão (em MPa para 7 e 28 dias)

CP's	Tensão (MPa) 7 dias	Tensão (MPa) 28 dias
Referencia	15,68	22,89
2% de PET	17,00	20,43
3% de PET	17,00	22,16
3% de PET com – água	14,17	24,00
9% de PET	17,77	26,00
Desvio Padrão	1,26	1,90

O Gráfico 1 representa o comportamento das resistências à compressão para os diferentes tipos de concreto nos diferentes dias de ruptura.

Gráfico 1: Resistência à compressão dos CP's estudados (Dados da Pesquisa (2016))



Os resultados atingidos foram obtidos através do ensaio de resistência à compressão. Com isso, pode-se perceber que aos 7 dias de idade as adições de 2 %, 3 % e 9 % de PET foram maiores que a resistência à compressão do traço referência. Porém, a adição de 3 % de PET com menor quantidade de água atingiu menor resistência aos 7 dias entre todos os concretos analisados, apresentando evolução em relação ao traço referência, 2 % e 3 % de PET aos 28 dias de idade.

Contudo, para análise dos rompimentos aos 28 dias de cura do concreto, as adições de 2 % e 3 % de PET apresentaram uma resistência inferior à resistência do traço referência. Já as adições de 3 % com menos água em seu traço, e a de 9 % de PET apresentaram uma resistência à compressão superior à do traço referência.

O único traço que superou a resistência do traço referência, bem como dos outros traços com adição de PET, foi o com adição de 9 % de PET, tanto para os 7 dias, como aos 28 dias de idade.

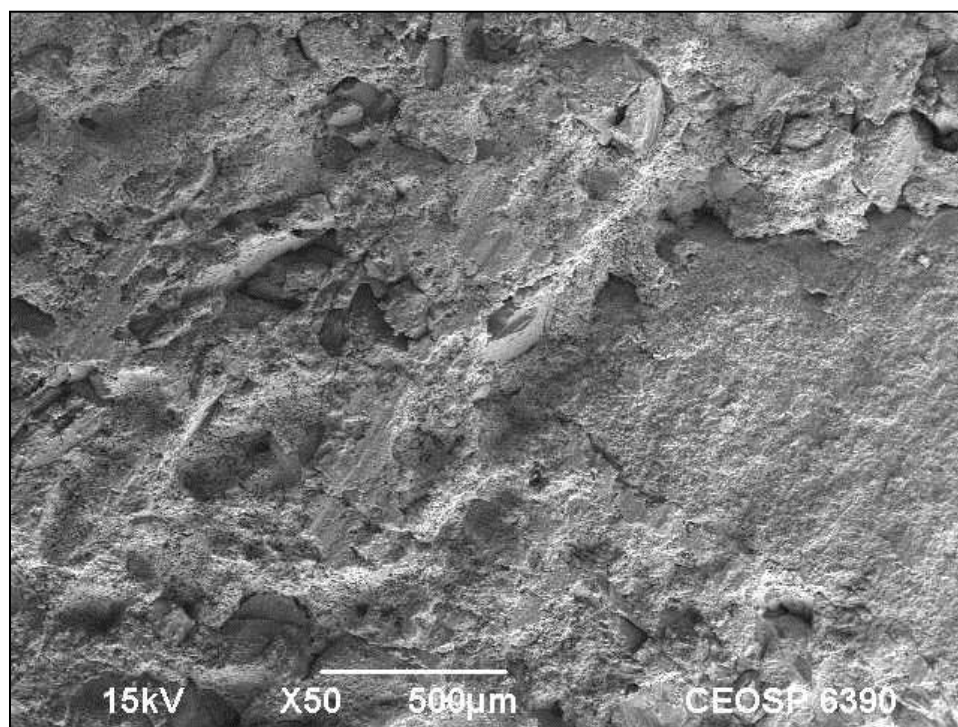
Para o concreto do traço referência o resultado da resistência à compressão aos 7 dias foi de 15,68 MPa, e aos 28 dias de idade obteve-se o valor de 22,89 MPa. O intuito era

adquirir aos 28 dias de idade um concreto que alcançasse a resistência de 25 MPa, não atingindo esse valor, talvez a utilização dos materiais da região tenha interferido nesse processo. Porém o aumento de resistência entre 7 e 28 dias de idade foi significativo, apresentando um acréscimo de 31,5 % entre os valores.

Após os 28 dias de idade foram preparadas amostra para o ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

A figura 2 mostra a imagem capturada pelo ensaio do MEV da amostra do traço referência.

Figura 2: Ensaio do MEV (referência)



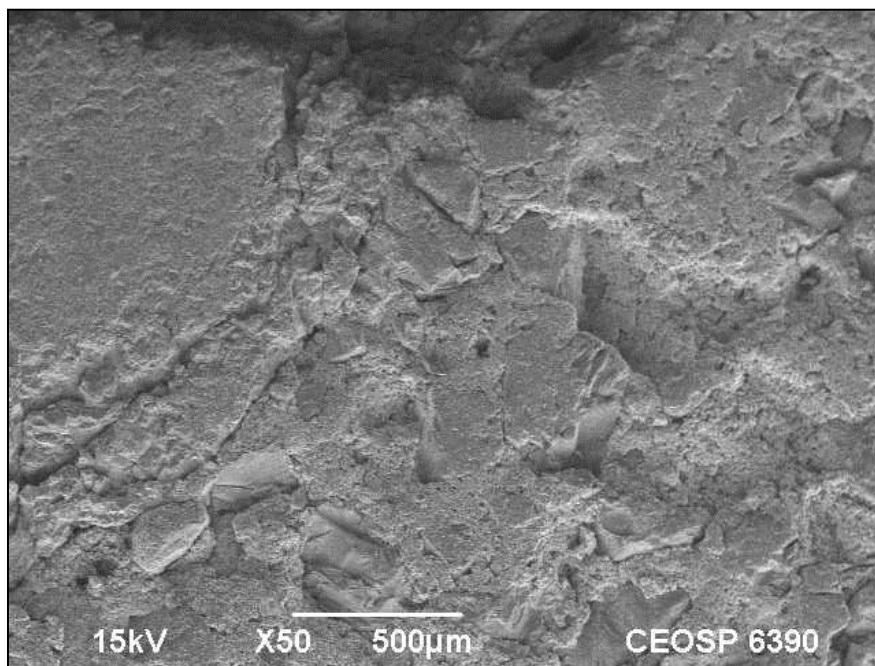
Fonte: Dos Autores

Nota-se na micrografia de MEV da amostra referência a uniformidade dos materiais usados para a produção do concreto.

A produção do concreto, bem como os ensaios realizados para o traço com adição de 2 % de PET, foi conforme os ensaios feitos no traço referência. Para o ensaio de abatimento de cone do traço 2 (2 % de PET), foi obtido o resultado de abatimento igual à 17,0 cm. No ensaio de resistência à compressão para a adição de 2 % de PET, o resultado

de resistência à compressão aos 7 dias de 17 MPa, e 22,89 MPa aos 28 dias de idade. A figura 3 representa a amostra vista pelo ensaio do MEV para esse tipo de concreto.

Figura 3: Ensaio do MEV (2 % de PET)

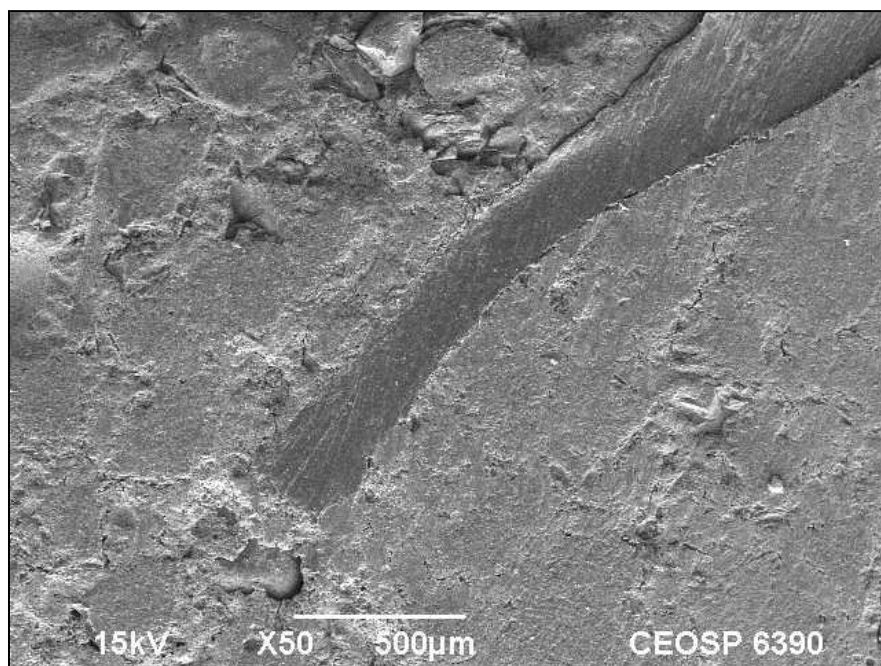


Fonte: Dos Autores.

Como pode-se observar, com a adição de 2 % de PET, não foi possível detectar nenhum PET durante o ensaio do MEV, possivelmente porque a amostra possuía pequena porcentagem de adição de PET.

A figura 4 apresenta o ensaio de MEV para o concreto produzido com 3 % de PET.

Figura 4: Ensaio do MEV (3 % de PET)



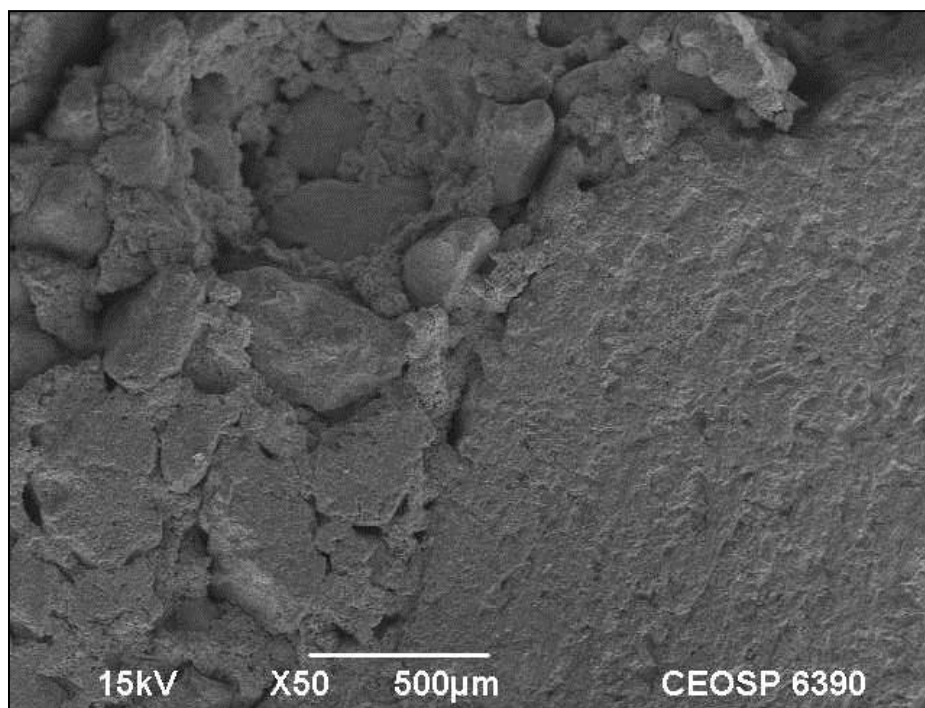
Fonte: Dos Autores

Na produção do concreto e para o ensaio de abatimento de cone para o traço com adição de 3% de PET, foi utilizado o mesmo método descrito no traço referência, chegando no resultado de abatimento igual à 17,0 cm. Na ruptura do traço 3 (3 % de PET) nos 7 dias e nos 28 dias. Para esse tipo de concreto os ensaios resultaram na resistência aos 7 dias de 17 MPa, e aos 28 dias de idade cerca de 22,16 MPa.

Como percebe-se na imagem da amostra, com a adição de 3 % de PET uma partícula de PET foi visualizado pelo microscópio. Foi possível perceber que o PET não adere ao concreto, pois ele é um material impermeável. Sendo assim, o mesmo não se une com os demais componentes do concreto.

A figura 5 apresenta a amostra vista pelo ensaio do MEV para o traço com 3 % de PET e menor quantidade de água.

Figura 5: Ensaio do MEV (3 % de PET com menor adição de água)



Fonte: Dos Autores

Para o processo de fabricação do concreto, bem como para o ensaio de abatimento de cone do traço com adição de 3 % de PET com menor adição de água, foi utilizado o mesmo método dos outros traços, assim chegando no resultado de abatimento igual à 8,0 cm. A diminuição da água nesse traço foi para alcançar abatimento de 10 ± 2 cm, aproximadamente o abatimento do traço referência. Já que quando produzido o concreto com 2 % e 3 % de PET, sendo mantida a mesma quantidade de água que o traço referência, os mesmos apresentaram um abatimento maior que o estabelecido, sendo escolhido esse traço para realizar essa comparação.

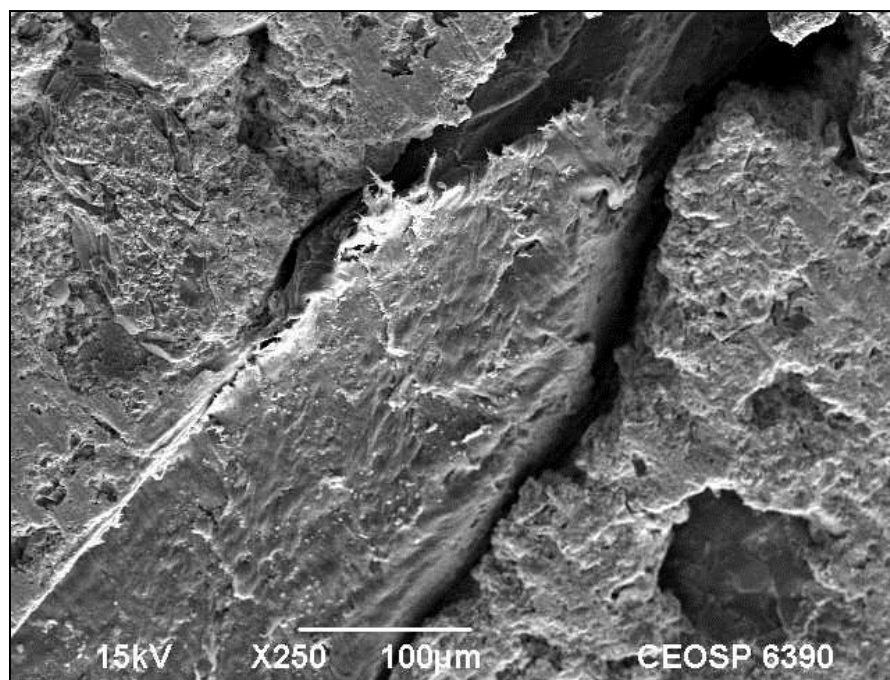
Na obtenção da resistência à compressão do traço com 3 % de PET e menor adição de água resultou em uma resistência à compressão aos 7 dias de 14,17 MPa, e aos 28 dias de idade cerca de 24 MPa. Nesse caso, observou-se que a resistência à compressão aos 7 dias foi menor para esse concreto, em relação ao traço com 3 % de PET e mantida a relação a/c do traço referência. Porém, com o passar do tempo, aos 28 dias esse concreto apresentou maior valor, bem como maior evolução na resistência à compressão.

Com o MEV da amostra com a adição de 3 % de PET com menos água, pode-se perceber a união dos agregados com a pasta, sendo que, por esse traço possuir menor quantidade de água, o mesmo apresenta aspecto mais áspero. Não foi possível detectar nenhum PET durante o ensaio do MEV nessa amostra, possivelmente pelo motivo da amostra ser pequena e a porcentagem de adição do PET baixa.

Para o processo de moldagem e ensaio de abatimento de cone do traço com adição de 9 % de PET, foi utilizado o mesmo método descrito para os outros traços, assim chegando no resultado de abatimento igual à 2,0 cm. O valor de abatimento para esse material, não obteve o mesmo comportamento do observado nos concretos quando adicionado o resíduo de PET, apresentando valor consideravelmente menor. Para o cálculo da resistência à compressão apresentou os seguintes valores. Para o traço 5 à resistência à compressão aos 7 dias foi de 17,77 MPa, e aos 28 de idade de 26 MPa. Esses foram os maiores valores encontrados entre todos os tipos de concreto estudados.

A figura 6 apresenta a amostra no MEV com aumento de 250 vezes.

Figura 6: Ensaio do MEV (9 % de PET)



Fonte: Dos Autores

Nessa amostra, com a adição de 9 % de PET, percebe-se que este, não adere aos demais componentes do concreto, facilitando a ocorrência de vazios no material.

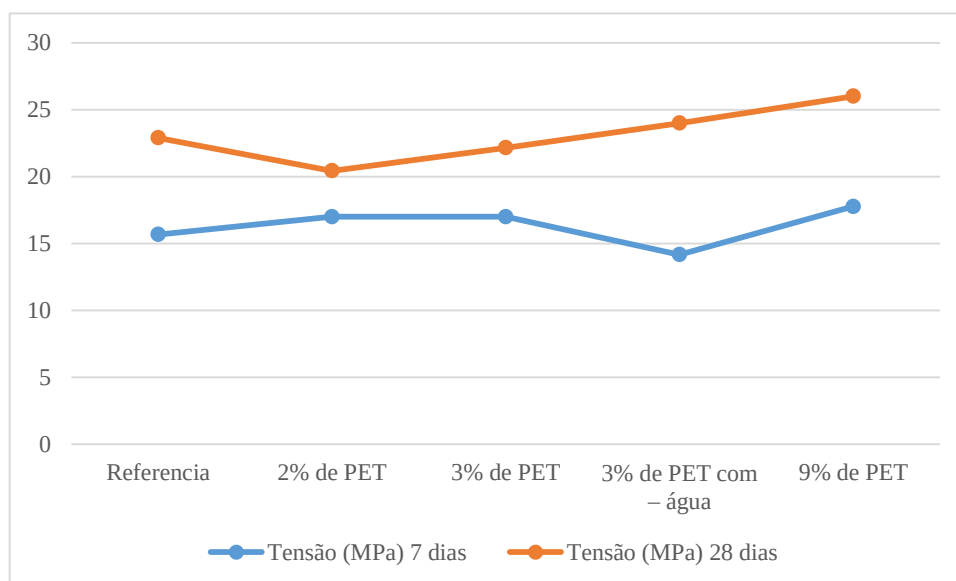
O único traço que superou a resistência do traço referência, bem como dos outros traços com adição de PET, foi o com adição de 9 % de PET, tanto para os 7 dias, como aos 28 dias de idade.

Em relação ao gráfico percebe-se que o traço referência aos 7 dias de cura alcançou uma resistência de 15,68 MPa, e nos 28 dias de cura alcançou uma resistência de 22,89 MPa, sendo assim que sua resistência aos 7 dias ficou inferior aos três traços o de 2 %, de 3 % e de 9 % de PET, superando apenas a resistência do traço com 3 % de PET com menor adição de água, já para a resistência aos 28 dias ficou inferior a dois traços o de 3 % com menor adição de água e o de 9 % de PET, superando os traços de 2 % e de 3 % de PET. O traço com adição de 2 % de PET aos 7 dias de cura alcançou uma resistência de 17,00 MPa, e nos 28 dias de cura alcançou uma resistência de 20,43 MPa, com isso sua resistência aos 7 dias ficou inferior apenas ao traço de 9 % de PET, superando os demais traços, já para a resistência aos 28 dias foi inferior a todos os demais traços, a adição de 2 % de PET foi a resistência mais baixa registrada aos 28 dias de idade do concreto. Para o traço com adição de 3 % de PET aos 7 dias de cura alcançou uma resistência de 17,00 MPa, igual a resistência alcançada na adição de 2 % de PET, e aos 28 dias de cura alcançou uma resistência de 22,16 MPa, sendo assim sua resistência aos 7 dias ficou inferior apenas ao traço de 9 % de PET superando os demais traços, já para a resistência aos 28 dias foi inferior aos traços referência, 3 % com menos água, e o de 9 % de PET. Já para o traço com adição de 3 % de PET com menos água aos 7 dias de cura alcançou uma resistência de 14,17 MPa, e aos 28 dias de cura alcançou uma resistência de 24,00 MPa, com isso foi a menor resistência obtida nos ensaios de ruptura aos 7 dias, já para a resistência aos 28 dias ficou inferior apenas para o traço com a adição de 9 % de PET. E para o último traço do estudo, contendo adição de 9 % de PET obteve aos 7 dias de cura uma resistência de 17,77 MPa, e aos 28 dias de cura alcançou uma resistência de 26,00 MPa, portanto, foi a maior resistência alcançada nos ensaios tanto para os 7 dias como para os 28 dias de idade do concreto.

Por meio de todos esses valores pode-se dizer que não obteve-se coerência nos resultados, pois não seguiram o mesmo comportamento nos diferentes dias de cura.

O Gráfico 2 ilustra o comportamento dos traços nos diferentes dias de ruptura.

Gráfico 2 – Comparativo dos resultados de resistência à compressão (Dados da Pesquisa (2016))



No gráfico de linhas pode-se perceber o comportamento que houve nas resistências a compressão nos diferentes dias de cura.

Com base nos resultados desse estudo pode-se descrever que a adição de PET no concreto convencional não representou ser prejudicial à resistência do concreto, apresentando aumento em sua resistência.

Considerações finais

Para o desenvolvimento dessa pesquisa foi estabelecido como objetivo geral analisar o desempenho no estado fresco e endurecido do concreto convencional com e sem substituição parcial do agregado miúdo por flocos de PET.

O traço referência apresentou uma consistência de adensamento fluida recomendado para estruturas, os traços com a adição do PET de 2 % e 3 % apresentaram uma consistência com maior fluidez. O mesmo traço de 3 % foi repetido, com menor adição de água, para chegar em um abatimento aproximado ou igual ao do referência (10 ± 2 cm), já o traço de 9 % de PET apresentou um abatimento de consistência seca, ideal para muros.

Aos 7 dias de cura as adições de 2 %, 3 % e 9 % de PET apresentaram maior resistência à compressão do que traço referência, sendo que a adição de 3 % de PET com menos água atingiu a menor resistência entre todas. Porém, na análise do rompimento aos 28 dias de cura do concreto, as adições de 2 % e 3 % de PET apresentaram resistência inferior à do traço referência. Já as adições de 3 % com menos quantidade de água em seu traço, e a de 9 % de PET, apresentaram resistência à compressão superior em relação à resistência do traço referência. Portanto, foi observado que não obteve-se coerência nos resultados, pois os traços moldados com adição de PET não seguiram o mesmo comportamento nos diferentes dias de cura. O único traço que superou a resistência à compressão do traço referência, foi o da adição de 9 % de PET, onde atingiu os maiores valores tanto nos 7 dias como aos 28 dias de cura. Com isso, no estado endurecido do concreto foi possível avaliar a resistência à compressão de todos os traços, vistos que esse, com a adição do PET, em sua maioria obteve resistência superior à resistência à compressão do traço referência.

Finalmente, sugere-se para futuros estudos maiores adições de PET no concreto, superando a quantia de 9 % de PET, para que possa analisar se haverá a continuidade do aumento da resistência à compressão. Outra questão a ser analisada, seria realizar novamente as dosagens estudadas nesse trabalho, para que possa ter melhor entendimento da coerência dos resultados, pois como visto os valores não seguiram uma tendência adequada.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, L.P.A. **Estudo da viabilidade técnica do concreto celular adicionado de PET triturado na fabricação de residência e seu impacto ecológico**. São Paulo, outubro de 2010.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente”. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. 2015.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 67:** Concreto –Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.1998.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739:** Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. 2007.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23:** Cimento Portland - Determinação da massa específica do cimento Portland, por meio do frasco volumétrico de Le Chatelier. 2001.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45:** Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. 2006.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 30:** Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. 2009.

CNI; SENAI; IEL. **Coletânea Bitec 2008-2010.** Brasília, ano 2010.

MACHADO, M.A.T.C; OLIVEIRA, K. A. **ENEPEX: Verificação da durabilidade do concreto produzido a partir de garrafa PET.** Ano de 2014.

PIETROBELLI, E. R. **Estudo da viabilidade do PET em concreto sob aspecto da resistência a compressão.** Universidade Comunitária da Região de Chapecó – Unochapecó, jun, ano de 2010.

RIBEIRO JÚNIOR, E. **Propriedades dos materiais constituintes do concreto.** Revista on-line IPOG- Especializa. Dez, ano de 2015.

RIOS, M, B, C. **Estudo de aspectos e impactos ambientais nas obras de construção do Bairro Ilha Pura- Vila dos Atletas – 2016.** Ano de 2014.