

## **ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO CONVENCIONAL COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO NATURAL POR AGREGADO DE POLIETILENO TEREFALATO (PET) COM USO DE ADITIVO**

Pamela Suéllen Pimentel da Silva<sup>1</sup>; Filipe Bittencourt Figueiredo<sup>2</sup>

Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD.  
pamelaspimentel@hotmail.com<sup>1</sup>; filipefigueiredo@ufgd.edu.br<sup>2</sup>

**RESUMO** – A indústria da construção civil vem buscando formas sustentáveis para a produção de concreto, ao mesmo tempo que se tem grande volume de Polietileno Tereftalato (PET) descartados de forma inadequada. Este trabalho trata da análise da substituição de PET como agregado miúdo no concreto nas proporções de 5% e 15% com aditivo plastificante. Objetivou-se avaliar as propriedades do concreto por meio de ensaios de compressão, absorção, índice de vazios e tração por compressão diametral, comparando ao traço de referência, utilizando 45 corpos de prova moldados para o experimento. Os resultados foram satisfatórios para o traço de 15% de PET atingindo resistência a compressão de 19 MPa aos 28 dias, confirmando que é possível a confecção de concreto de altas resistências com este material em traços com maior percentual de cimento.

**Palavras-chave:** Concreto. PET. Agregado Miúdo.

**ABSTRACT** – The construction industry has been looking for ways to sustainable production of concrete, while at the same time have a large volume of polyethylene terephthalate (PET) discarded from inadequate form. This paper deals with the analysis of the PET as a small aggregate in concrete in proportions of 5% and 15% with plasticizer additive. The objective of this study was to evaluate concrete by means of compression tests, absorption, and traction by diametric compression, comparing to the using 45 molded test specimens for the experiment. The results were satisfactory for the 15% trait of PET reaching compressive strength of 19 MPa at 28 days, confirming that it is possible to build high-grade concrete resistances with this material in traces with higher percentage of cement.

**Keywords:** Concrete. PET. Small aggregate.

## 1 INTRODUÇÃO

A manutenção de recursos naturais para a preservação da vida das gerações futuras é uma preocupação do ponto de vista do desenvolvimento sustentável que somada à preocupação de ambientalistas, baseia o crescimento dos negócios e da economia estritamente relacionado ao desenvolvimento de forma sustentável (GUELBERT et al., 2007).

A destinação final dos resíduos sólidos é um dos agravantes da degradação ambiental. A coleta seletiva e a reciclagem desses resíduos são consideradas uma alternativa para a redução do volume a ser disposto em aterros ou lixões. Dessa forma, a reciclagem auxilia na redução da quantidade de lixo produzida, assim como, no reaproveitamento de diversos materiais, visando à preservação de elementos da natureza no processo de reaproveitamento de materiais já transformados (PERSICH e SILVEIRA, 2011).

Segundo a Associação Brasileira da Indústria do PET (ABIPET, 2015) o uso do Polietileno Tereftalato (PET) no Brasil é recente comparado a outros setores de embalagens como o vidro e o alumínio. Embora relativamente recente, vem sendo utilizada em larga escala para fabricação de embalagens, principalmente pela indústria de bebidas (refrigerantes, água mineral, etc),

tendo também várias outras utilidades em diversos segmentos do mercado.

De acordo com levantamento da ABIPET no ano de 2015, cerca de 274.000 toneladas de PET foram recicladas no Brasil, contribuindo não só para as questões de preservação ambiental, mas também contemplando os três pilares do desenvolvimento sustentável: os benefícios sociais, econômicos e ambientais. A matéria prima reciclada pode substituir material virgem em muitos outros produtos, nos segmentos mais diferentes, como na construção civil (ABIPET, 2015).

Em paralelo, a indústria da construção civil vem produzindo um crescente volume de concreto para utilização em obras, representando 5,2 % do Produto Interno Bruto Brasileiro (IBGE, 2017).

A questão dos Resíduos da Construção (RCC) vem sendo amplamente discutida pelo excesso de produção, que representa de 51% a 70% dos resíduos sólidos urbanos coletados (MARQUES NETO, 2005). Devido a crescente busca pelo uso de materiais alternativos para confecção de concreto, e sendo que essas pesquisas têm sugerido traços que utilizam a mistura de agregados naturais aos reciclados (TAM et al., 2005 apud FIDELIS et al., 2018), a utilização da PET triturada em forma de agregado miúdo substitui parcialmente o uso da areia

que é um recurso natural finito explorado em grande escala.

A utilização de resíduos para produção de concreto acaba sendo descartada devido a perda de resistência. A PET como agregado pode alterar a trabalhabilidade da pasta cimentícia devido a falta de hidratação (CAMPOS et al., 2014), assim como, segregação causada por fraca aderência entre o aglomerante e o aglomerado (PET). O uso de aditivos torna-se uma alternativa para aumentar a capacidade de fixação do agregado e melhorar as demais características do concreto (CALVACANTI, 2006).

De acordo com a ABNT NBR 11768/2011, aditivos são produtos que quando adicionados em pequenas quantidades a concreto de cimento Portland, modificam algumas de suas propriedades, melhorando-as em determinadas condições.

Os aditivos plastificantes têm função de reduzir a relação água/cimento mantendo a trabalhabilidade desejada, assim como, aumentar a trabalhabilidade com a mesma relação água/cimento. Ainda proporcionam aumento da fluidez e coesão da massa, refletindo diretamente na resistência a compressão do concreto (SPONHOLZ, 1998).

Portanto, o uso do aditivo plastificante para obtenção de melhores características no concreto mostra-se uma boa alternativa para os traços com agregado

reciclado que foram produzidos neste trabalho, visando atingir melhores valores de propriedades físicas e mecânicas. A redução do teor água proporcionada pelo uso dos aditivos, ajudou a manter o fator água/cimento mesmo com as substituições parciais da PET como agregado miúdo.

Neste contexto, o presente trabalho buscou analisar as propriedades do concreto com substituição parcial do agregado miúdo (areia) pela PET triturada com aditivo plastificante.

## 2 JUSTIFICATIVA

A crescente preocupação da humanidade em encontrar formas sustentáveis de desenvolver suas atividades econômicas mostra a importância em buscar novas alternativas para produções e processos. A reciclagem é uma dessas alternativas para retirar do meio ambiente os resíduos sólidos produzidos diariamente, transformando fontes de despesas em novos materiais (ROYER, B. et al., 2005).

O PET é um material muito utilizado pela sociedade, porém, 49% deste material não é reciclado ou reaproveitado ABIPET (2015), portanto, se faz necessário a busca por produtos que além de eficientes e duráveis, proporcionem redução na imensa quantidade de PET encontrada no meio ambiente de forma desordenada, justifica-se

assim a produção de concreto com este agregado reciclável.

### 3 OBJETIVO

#### 3.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi desenvolver traços de concreto com substituições parciais do PET na areia (agregado miúdo), nas proporções de 5% e 15% com uso de aditivo plastificante, sendo que estes foram comparados a um traço piloto, o qual não teve substituição do agregado reciclado.

#### 3.2 Objetivo específico

Foram objetivos específicos deste trabalho:

- A escolha de um traço de concreto piloto para pesquisa;
- Análise física dos agregados quanto:
  - Granulometria
  - Peso específico
- Moldagem dos CPs (10 x 20 cm) de concreto;
- Ensaio de abatimento do concreto no estado fresco (*Slump test*);
- Ensaio de compressão;
- Ensaio de absorção;
- Ensaio de tração por compressão axial.

### 4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi baseada no formato de pesquisa experimental de carácter comparativo, de modo a alterar uma variável (o agregado miúdo natural substituído pelo agregado miúdo reciclado –

PET), desta forma, analisar qual a influência causada por essa alteração nos corpos de prova cilíndricos que são os objetos de estudo.

O experimento foi desenvolvido no laboratório de Energias Renováveis (LENER) e no laboratório de Engenharia de Produto e Processo (LEPP), na Faculdade de Engenharia (FAEN) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

#### 4.1 Procedimentos

O traço de concreto foi produzido com resistência característica  $f_{ck}$  de 20 MPa com cimento Portland CP II 32, brita nº1, areia, água, agregado reciclado de PET e aditivo plastificante redutor de água, de acordo com a composição do Quadro 1, sugerido por Silva (1975).

**Quadro 1.** Composição do traço por metro cúbico.

Materiais	Composição unitária por metro cúbico de concreto		
	Piloto	5% de PET	15% de PET
<b>Brita 1 (l)</b>	752,00	752,00	752,00
<b>Areia (l) (5%)</b>	549,00	521,55	466,65
<b>PET (l)</b>	-	27,45	82,35
<b>Cimento (kg)</b>	284,00	284,00	284,00
<b>Água (l)</b>	157,00	157,00	157,00
<b>Aditivo (ml)</b>	620,00	620,00	620,00
<b>Fator a/c</b>	0,55	0,55	0,55

Fonte: Silva, 1975 adaptado.

Para obtenção do agregado de Polietileno Tereftalato (PET), foram utilizadas 63 garrafas PET de dois litros (l), obtidas em uma granulometria maior que a da areia. A operação de granulação foi realizada em um moinho de facas, com a finalidade de obter a granulometria necessária para a caracterização dos corpos- de- prova (CPs), a granulação inicial e a utilizada para a composição dos traços estão demonstradas nas Figuras 1 e 2 respectivamente.

**Figura 1.** Granulometria inicial da PET.



Fonte: Os autores.

**Figura 2.** Granulometria obtida através do processo de granulação no moinho de facas.



Fonte: Os autores.

A composição granulométrica dos agregados miúdos (areia e pet) foi determinada através do ensaio de peneiras de acordo com a norma ABNT NBR NM 248/2003.

O peso específico dos agregados miúdos (areia e pet) foi determinado com o uso de um recipiente de 1000 ml de massa conhecida, que foi preenchido completamente pelos agregados, possibilitando assim, determinar o peso específico da areia e da PET.

Os materiais foram colocados em uma betoneira, para obtenção do concreto, determinando três traços, sendo o primeiro o piloto, e para os demais traços foram substituídos 5% e 15% do agregado natural pelo agregado reciclado.

Após a fabricação do concreto foi realizado o ensaio para determinação da consistência pelo abatimento, determinado através do *Slump Test* Figura 3, de acordo com a norma ABNT NBR NM 67/1998.

**Figura 3.** *Slump Test*



Fonte: Os autores.

Os CPs foram moldados com as dimensões de 10 X 20cm de acordo com a norma ABNT NBR 5738/2015, sendo que para cada um dos traços foram confeccionados 15 corpos-de-prova, totalizando 45 CPs.

Para o ensaio de compressão conforme Figura 4, foram utilizados 3 CPs de cada um dos traços produzidos, nas idades de 7, 14, 21 e 28 dias de acordo com ABNT NBR 5739/2018.

**Figura 4.** Ensaio de compressão.



Fonte: Os autores.

A absorção de água e índice de vazios foram determinados através da realização dos ensaios com 1 corpo de prova na idade de 21 dias para cada traço, de acordo com a norma ABNT NBR 9778/2005.

O ensaio de tração por compressão diametral Figura 5, seguiu a norma ABNT NBR 7222/2011, determinado através do rompimento de 2 CPs na idade de 28 dias.

**Figura 5.** Ensaio à tração por compressão diametral.



Fonte: Os autores.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A massa específica dos agregados miúdos areia e PET foi determinada através de ensaio em laboratório obtendo-se como resultado os valores de  $1,55 \text{ g/cm}^3$  para o agregado natural e  $0,45 \text{ g/cm}^3$  para o agregado reciclado, apresentando assim uma diferença significativa de  $1,10 \text{ g/cm}^3$ .

O volume dos traços não foi afetado pois as substituições foram feitas nas mesmas proporções volumétricas, quanto ao peso final, houve redução de  $\pm 5$  gramas por substituição.

A composição granulométrica foi determinada através do que prevê a ABNT NBR NM 248/2003, obtendo a massa retida em cada peneira do conjunto, calculando a porcentagem de massa retida acumulada, como mostram os resultados dos Quadros 2 e 3.

**Quadro 2.** Distribuição granulométrica da areia.

Agregado miúdo Natural		
Abertura da Peneira (mm)	Massa retida (g)	% Retida acumulada
2,36	3,49	0,70
1,18	10,33	2,77
0,60	74,75	17,74
0,42	144,16	46,61
0,30	145,60	75,78
0,15	111,94	98,20
Fundo	9,01	100,00

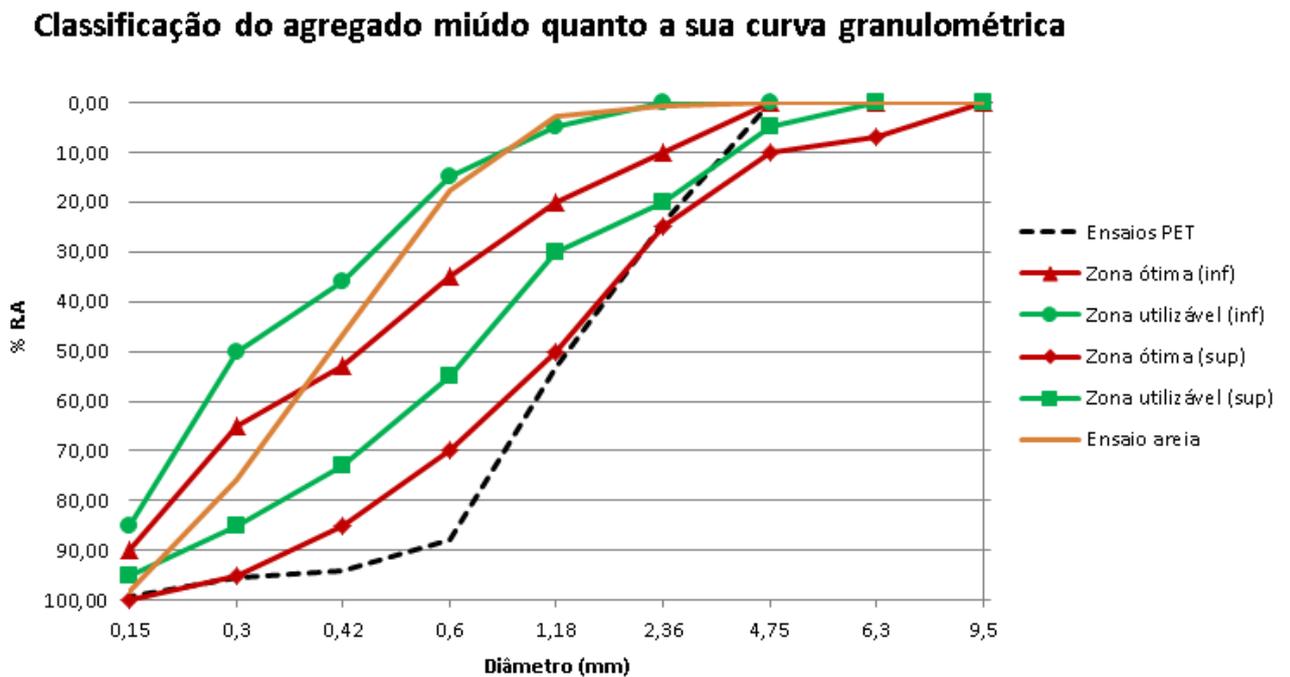
Fonte: Os autores.

**Quadro 3.** Distribuição granulométrica da PET.

Agregado miúdo Reciclado		
Abertura da Peneira (mm)	Massa retida (g)	% Retida acumulada
2,36	121,00	24,20
1,18	146,05	53,41
0,60	171,95	87,79
0,42	32,05	94,20
0,30	6,90	95,58
0,15	17,90	99,16
Fundo	4,20	100,00

Fonte: Os autores.

**Figura 6.** Ensaio granulométrico.



Fonte: Os autores.

A classificação granulométrica foi realizada através das zonas ótimas e utilizáveis, de acordo com a ABNT NBR 7211/2009, para esse estudo não foram utilizadas as massas acumuladas na peneira 2,36 mm, assim como, o fundo classificado como material pulverulento, evitando que fosse utilizada uma granulação que difere significativamente do agregado natural, e o material pulverulento, pois o mesmo diminuí a aderência do agregado a massa cimentícia. Como é possível analisar na Figura 6, a curva da PET encontrasse, em sua maioria fora dos limites estabelecidos pela norma entretanto, compensadora com relação a curva da areia.

O ensaio de abatimento do cone foi realizado de acordo ABNT NBR NM 67/1998, com o objetivo de determinar a

trabalhabilidade de cada traço, dentro desse cenário é importante ressaltar o uso de aditivo plastificante nos traços em que foram realizadas as substituições da areia pela PET, afim de conter a retenção de água nas partículas do agregado reciclado, buscando melhorar os resultados.

A relação do agregado miúdo PET com a água pode causar mudanças significativas nos resultados desse ensaio, pois, a falta de interação entre esses dois componentes pode gerar um traço com muitos vazios e pouca trabalhabilidade. No entanto, um traço muito fluído pode diminuir a resistência à compressão do concreto.

Os resultados do *slump test* estão reproduzidos no Quadro 4.

**Quadro 4.** Resultados *Slump Test*.

Traço	Abatimento do Cone (mm)
Piloto	75
5% de PET	65
15% de PET	25

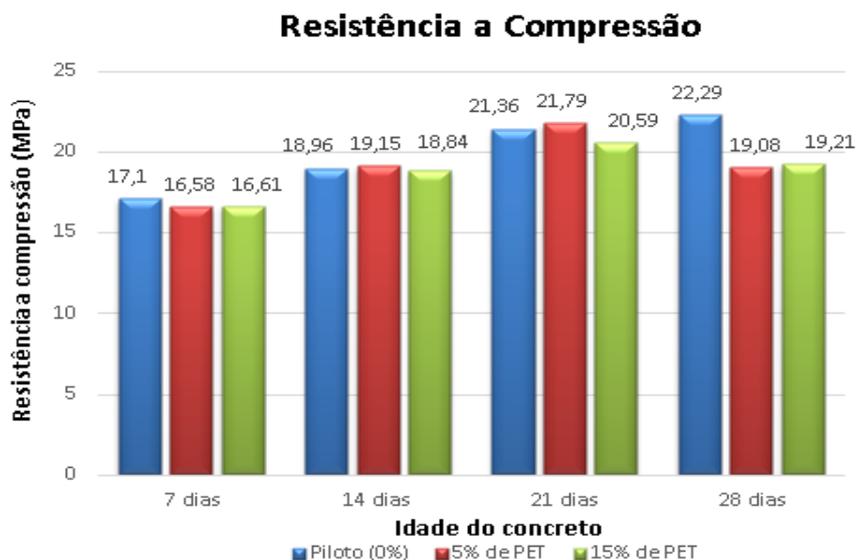
Fonte: Os autores.

Através dos resultados do abatimento do cone é possível analisar que houve uma

diminuição do *slump* proporcional ao acréscimo de substituição, devido à falta de reação da água com o agregado reciclado.

Os resultados dos ensaios de compressão estão demonstrados na Figura 7, e através dos mesmos é possível identificar que com o uso do aditivo plastificante a característica hidrófuga da PET acaba tendo pouca influência com relação a sua resistência.

**Figura 7.** Resultados de Resistência média a Compressão.



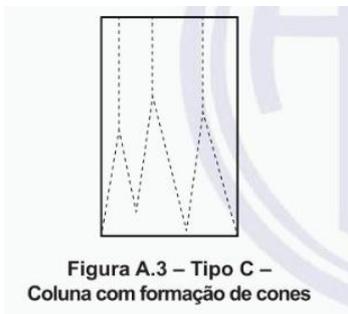
Fonte: Os autores.

O traço piloto atingiu 22 MPa aos 28 dias, os traços de 5% e 15% de PET apesar de estarem 1 MPa abaixo da resistência esperada para o traço (20 MPa), apresentam-se de forma satisfatória, é possível atingir altas resistências com este

concreto mesmo com adição do agregado de PET chegando a níveis de resistência de 19 MPa aos 28 dias, indicando que é possível a confecção de concretos com PET para uso convencional dentro da construção civil.

A forma de ruptura dos corpos de prova é do tipo C, de acordo com a NBR 5739/2018, visualizado na Figura 8.

**Figura 8.** Tipo de ruptura a compressão.



Fonte: ABNT 5739/2018.

Na Figura 9 é mostrado a forma de ruptura dos corpos de prova utilizados no experimento.

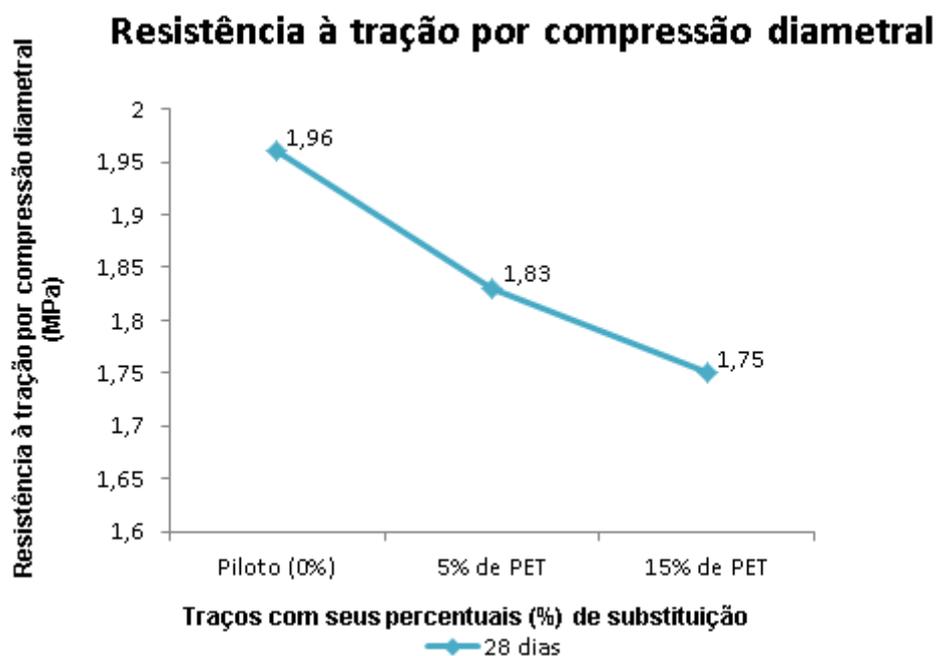
**Figura 9:** Forma de ruptura dos Corpos de prova.



Fonte: Os autores.

Os ensaios de tração por compressão diametral apresentados na Figura 10, conferiram queda de resistência de acordo com o aumento de substituição da areia por PET.

**Figura 10.** Resultados de Resistência à Tração por Compressão diametral.



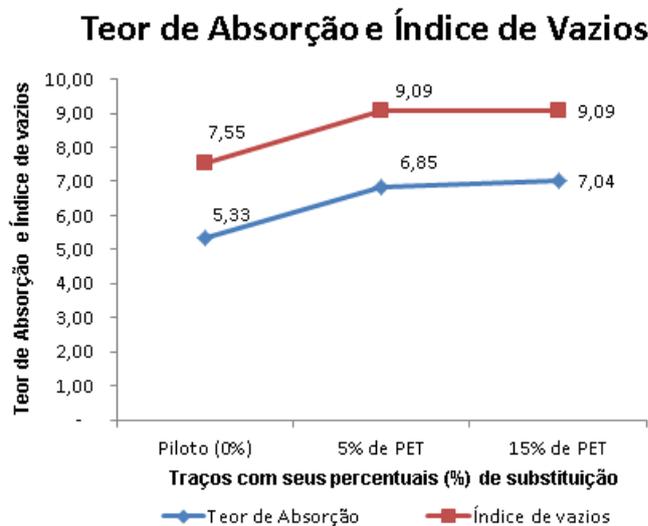
Fonte: Os autores.

De acordo com a média da resistência dos traços de concreto confeccionados, os resultados obtidos pelo ensaio à tração por compressão diametral representam 9,16% da resistência compressão do concreto, em alguns estudos já realizados a resistência a tração do concreto mostra-se em média 10% da resistência a compressão, dessa forma o

resultado obtido está dentro do que consta na literatura.

Os ensaios para obtenção da absorção, índice de vazios e das massas específicas seca, saturada e real foram realizados de acordo com a norma ABNT NBR 9778/2005 e são demonstrados nas Figuras 11 e 12 respectivamente. Os procedimentos do ensaio tiveram início aos 21 dias de cura.

**Figura 11.** Gráfico resultados do Teor de Absorção e Índice de Vazios.

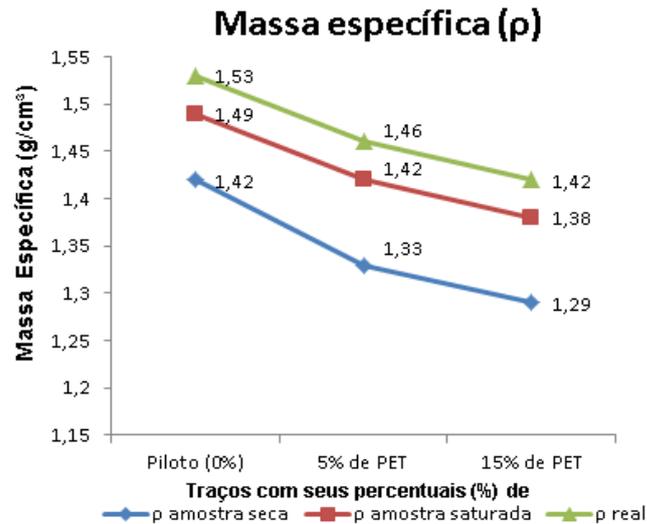


Fonte: Os autores.

Os resultados da Figura 11, indicam um aumento do índice de vazios e absorção nos traços com porcentagens de PET, em relação aos valores do traço de referência, confirmando a ideia de que a produção de concreto com a PET aumenta os vazios da

massa, devido a deficiência desse agregado quanto a reação com a água para formação da pasta de cimento. Como evidenciado por (CAMPOS et al., 2014) concretos produzidos com PET, apresentam baixa trabalhabilidade e aumento do índice de vazios.

**Figura 12.** Gráfico resultados do Teor de Absorção e Índice de Vazios- massa específica.



Fonte: Os autores.

A massa específica dos traços apresenta uma redução proporcional às porcentagens de substituição, esse resultado já era esperado visto que a massa específica da PET se mostrou bem inferior a massa específica da areia, tornando assim o concreto com PET mais leve que o concreto convencional.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de PET como agregado é uma alternativa para o aproveitamento de resíduos sólidos, assim como uma nova alternativa para produção de concreto.

Com os resultados obtidos através de todos os ensaios realizados, a fim de analisar o desempenho do concreto com variações de 5% e 15% do agregado reciclado PET em sua composição, observou-se significativas mudanças.

A composição volumétrica dos traços garante o mesmo volume de concreto, mas o peso entre os traços com agregado natural e os com substituições parciais de PET, apresentaram diferenças, visto que a massa específica da PET é relativamente menor que a areia. Essa característica garante que o concreto com PET seja mais leve assegurando uma menor carga nas estruturas e consequentemente alívio nas fundações.

A utilização do aditivo plastificante garantiu uma boa trabalhabilidade à massa, como observado através dos resultados do *slump test*. Dentre os fatores que determinam a eficiência dos aditivos plastificantes destacam-se seus componentes químicos assim como fatores ambientais (como por exemplo, temperatura e umidade relativa) podendo aumentar ou reduzir a sua eficiência (BASTOS,2016).

Contudo, em comparação com o traço de referência e ao valor de 20 MPa para concretos de uso estrutural ABNT NBR 6118/2014, pode-se concluir que os traços de 5% e 15% tiveram perda de resistência mecânica em relação ao traço piloto, 14,1% em média, estima-se que é possível confeccionar concreto com o uso de PET e atingir resistência estrutural em traços que obtiverem um maior percentual de cimento.

O concreto analisado neste trabalho poderia ser utilizado na construção civil como, por exemplo: na regularização de lajes, fabricação calçadas e bancos de praça, pois não atinge a resistência mínima característica para uso estrutural do concreto, fck 20 MPa.

São necessárias e relevantes algumas sugestões para trabalhos futuros, a fim de aprimorar os resultados deste estudo:

- Análise microestrutural dos corpos de prova, através do ensaio de microscopia eletrônica de varredura-MEV, para que seja mais precisa a análise dos fatores que influenciam a resistência.
- Repetir com fidelidade os traços e ensaios para que seja possível verificar a tendência de redução da resistência da idade de 21 para a de 28 dias.
- Com a ocorrência de redução de resistência entre os valores obtidos

aos 21 dias para 28 dias, que se rompam corpos de prova aos 63 dias para analisar qual o comportamento dos concretos com PET após os 28 dias.

- Realizar testes com aditivos diferentes para os mesmos traços, visando resultados com maior representatividade.
- Realizar testes com o mesmo aditivo para traços diferentes.
- Fazer um estudo da viabilidade econômica da confecção de concretos com PET, com maior percentual de cimento em sua composição.

## 7. AGRADECIMENTOS

À Deus por conceder força e serenidade para superar as dificuldades, ao longo desta caminhada.

À minha família por todo o suporte, amor, e compreensão, nos momentos mais difíceis foram essenciais para seguir em frente.

Aos meus amigos, família que encontrei e caminhei junto durante todos os anos de graduação.

Ao Professor Msc. Filipe Bittencourt Figueiredo, pela orientação, sugestões e empenho para o bom andamento desta pesquisa.

Aos técnicos da Faculdade de Engenharia, por todo o empenho para o desenvolvimento dos ensaios.

As empresas POLIMIX e CONCRENAVI, por disponibilizarem seus recursos para obtenção aferida dos resultados deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET (**ABIPET**), 2015. Disponível em: <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=49>. Acesso em: 20 de março de 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR NM 248** – Agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 11768** – Aditivos para concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 5738** – Concreto- Procedimento para moldagem e cura de corpos- de- prova. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 5739** – Concreto- Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 6118** – Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 7211** – Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 7222** – Concreto e argamassa- Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 9778** – Argamassa e concreto endurecidos- Determinação da absorção de água por imersão- Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR NM 67** – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- BASTOS, A. P. O. **Análise da influência de aditivos superplastificantes no comportamento de pastas de cimento Portland com e sem adição de fíler calcário.** Trabalho de diplomação. Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.
- CAMPOS, C. F. S. et al. **Estudo das Propriedades Físicas do Concreto Produzido com Polietileno Tereftalato.** Colloquium Exactarum, Presidente Prudente: Unoeste, v.6, n.4, p.31–39, Nov-Dez 2014.
- CAVALCANTI, D. J. de H. **Contribuição ao estudo de propriedades do concreto auto adensável visando sua aplicação em elementos estruturais.** 141p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2006.
- CENSO DA RECICLAGEM DO PET NO BRASIL. Disponível em: [file:///E:/Documentos/Downloads/D%C3%A9cimo\\_Censo\\_da\\_Reciclagem\\_de\\_PETno\\_Brasil%20\(1\).pdf](file:///E:/Documentos/Downloads/D%C3%A9cimo_Censo_da_Reciclagem_de_PETno_Brasil%20(1).pdf). Acesso em: 20 de março de 2018.

FIDELIS, G. N. S. et al. **Estudo do Polietileno Tereftalato (PET) em concreto como substituição parcial à areia com uso de aditivo.** 3º Congresso Luso- Brasileiro-Materiais de construção sustentáveis, Coimbra, 2018.

GUELBERT, T. F. et al **A embalagem PET e a reciclagem: uma visão econômica sustentável para o planeta.** ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVII., 2007, Foz do Iguaçu, PR.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA **Contas Nacionais Trimestrais: indicadores de volume e valores correntes.** Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas\\_Nacionais/Contas\\_Nacionais\\_Trimestrais/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/pib-vol-val\\_201704caderno.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/pib-vol-val_201704caderno.pdf). Acesso em: 22 março de 2018.

MARQUES NETO, J. C. M. **Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição no Brasil.** São Carlos: Rima, 2005. 162 p.

PERSICH, J. C.; SILVEIRA, D. D. **Gerenciamento de resíduos sólidos – A importância da educação ambiental no processo de implantação da coleta seletiva de lixo – O caso de Ijuí/RS.** Revista Eletrônica de Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 4, n. 4, p. 416-426, 2011.

ROYER, B.; ASSUNÇÃO, R. M. N.; RODRIGUES, G. F.; MOTTA, L.A.C. **Efeito da Aplicação do Poliestireno Sulfonado (PSSNa) como aditivo em argamassas e concretos de cimentos Portland CPV32.** Revista Redalyc Ciência e Tecnologia, vol. 15, n. 1, p. 63-67, 2005.

SILVA, G. R. **Manual de traços de concreto.** Rio de Janeiro: Solivro, 1975. 48 p.

SPONHOLZ, I. **Avaliação do desempenho de aditivos redutores de água em concreto de alto desempenho.** Dissertação (mestrado). Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.