



UNIVERSIDADE
DE RIO VERDE



Estudo de Viabilidade da Inclusão da Fibra de Poli-tereftalato de Etileno no Concreto.

Tayná Ataídes Ferreira¹, Natália Cruvinel de Paula², Rosane Olivo Menegon³.

Resumo

Subsidiar modelos sustentáveis dentro da construção é o crescente desafio da engenharia moderna diante dos altos índices de sobras residuais decorrentes de obras. Utilizar novos métodos e materiais inovadores para melhorar a qualidade das propriedades do concreto através de reutilização de descartes é a proposta do estudo. Reciclar e reaproveitar são oportunidades sustentáveis, que proporcionam economia financeira ao final do projeto. O presente estudo incluirá o poli-tereftalato de etileno (PET), na mistura do concreto obtivemos uma boa aderência da fibra PET, com resultados de resistência à compressão viáveis e o módulo de elasticidade permitindo a aplicabilidade, sendo possível a utilização na construção civil. Portanto, será apresentado a composição do PET, os desgastes ambientais provocados com o descarte excessivo pela construção civil, sua aderência, possibilidade e viabilidade de inclusão ao concreto com segurança, retorno na qualidade e durabilidade final do produto. Sendo assim, o presente trabalho exibe a análise experimental feita com adições de 1,5% e 3% de fibra de PET no concreto. Em que, foram apontadas as devidas comparações de suas características, no estado fresco e endurecido, com um concreto referência. Os resultados com as adições apresentaram uma redução de resistência se comparado com a referência, porém, ainda assim, se classificando dentro do grupo de concreto estrutural. Apesar disso, os resultados foram satisfatórios tendo em vista novos estudos, para o melhor desempenho da fibra no concreto, como diferentes percentuais a serem adicionados e, formato de grãos da fibra, para que a aderência seja mais favorável.

Palavras-chave: Poli-tereftalato de etileno (PET). Concreto. Sustentabilidade.

1. Introdução

Em se tratando do progresso de pesquisas e o desenvolvimento tecnológico é de grande importância para a evolução os diferentes tipos de fibras. A ampla utilização de materiais que busquem melhorar algumas propriedades como trabalhabilidade, resistência a compressão, tração, diminuição de fissuras, fazem com que os estudos sejam desenvolvidos com base em adição de novos materiais em concreto. É notável que a

¹ tayna.ataides@hotmail.com, Graduanda em Engenharia Civil na Universidade de Rio Verde, Campus Rio Verde, Fazenda Fontes do Saber, Caixa Postal 104. CEP: 75.901-970 – Rio Verde - GO.

² natalia96@outlook.com.br, Graduanda em Engenharia Civil na Universidade de Rio Verde, Campus Rio Verde, Fazenda Fontes do Saber, Caixa Postal 104. CEP: 75.901-970 – Rio Verde - GO.

³ rosane.olivo@gmail.com, Mestre em Engenharia Civil, Professora, Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil.

construção civil gera uma grande quantidade de resíduos que são prejudiciais ao meio ambiente, ocorrendo desta forma, uma busca constante por alternativas sustentáveis para construção, uma delas é a utilização de fibras feitas de materiais recicláveis.

Segundo Figueiro (2011), as fibras são elementos descontínuos, possui comprimento bem maior que a maior seção transversal, com a finalidade de reforço do concreto. As mais utilizadas são as de aço e as de polipropileno, porém possui também outros tipos: carbono, vidro, nylon, celulose, acrílico, polietileno, madeira, sisal, dentre outros.

O uso de concreto reforçado com fibras em diversas finalidades na engenharia civil é incontestável, e tem sido utilizadas frequentemente em lajes, concreto projetado, construções arquitetônicas, produtos pré-moldados, regiões sujeitas a abalos sísmicos, reparos, fundações, estruturas hidráulicas e muitas outras aplicações (PELISSER, 2002).

Com o progresso nas pesquisas de fibras, pode-se dizer que a adição de fibras no concreto se tornou de grande importância, na elaboração e execução do traço. E em decorrência desses fatores, se vê a oportunidade de tornar real o uso de materiais descartáveis de PET como fibra para compor o concreto, e estudar possíveis melhoras no comportamento do concreto com uso deste material, além de cooperar com a reciclagem e a sustentabilidade, que são atributos que necessitamos para execução de projetos e estruturas de concreto.

Visto que, o PET foi desenvolvido em 1941 pelos químicos ingleses Whinfield e Dickson. No Brasil iniciou a sua produção em 1993, sendo amplamente utilizado para embalagens de bebidas e alimentos, sua produção aumenta a cada ano, o que aumentou também foi a sua reciclagem (CORREA, 2015).

Segundo Forlin e Faria (2002), este material é considerado inerte, com decomposição quase desprezível, por elementos ambientais, além disso, quando estes se degradam podem originar substâncias agressivas ao meio ambiente com difícil controle ambiental. Já Correa (2015), descreve que uma outra forma de destinação a este material é a fabricação de fibras, e sua maior vantagem é o baixo custo quando comparado a outras fibras.

Com avanço das pesquisas mostra-se que essa fibra apresenta características próximas das fibras naturais, possuindo resistência a tração. Estudos mostram que a adição de PET no concreto apresenta redução da massa específica do concreto, colaborando para elaboração de concretos mais leves (CHOI, *et al.*, 2005).

O PET é um polímero termoplástico, com estrutura parcialmente alifática e aromática, semicristalino e membro comercialmente mais importante da família dos poliésteres (KARAGIANNIDS *et al.*, 2008). Com a oportunidade de utilização de resíduos reciclados, como o PET na substituição de agregados no concreto, seja em forma grânulos, "flakes", pó

ou fibras, permite usufruir de boa parte do PET que é descartado em locais indevidos, possibilitando assim uma nova forma de uso na construção civil (PIETROBELLI, 2010).

O concreto é o material mais utilizado na construção civil. De acordo com Mehta e Monteiro (2014), estima-se que o consumo mundial de concreto seja em torno de 11 bilhões de toneladas ao ano, tornando-se o segundo material mais utilizado mundialmente. É composto basicamente pela mistura de cimento Portland, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita), água e aditivos, se necessário. Possui um grande uso, devido a sua alta capacidade de resistir à esforços, elevada durabilidade, fácil de ser moldado e baixo custo quando comparado com outros materiais estruturais (CORREA, 2015).

Entretanto, o concreto apresenta também, várias limitações como, elevado peso próprio, baixa capacidade de deformação, se fissurado perde completamente a capacidade de resistir aos esforços de tração, por este motivo surgiram alternativas para reforço, como concreto com uso de armaduras, com principal objetivo de resistir melhor a tração e mais recente o uso de fibras (FIGUEIREDO, 2011). Todos os tipos de concreto podem ser reforçados com fibras, com principal finalidade de redução de fissuração.

Este trabalho busca através da adição de fibras de PET, em uma mistura de concreto convencional, com o objetivo de reutilizar um material que demora muitos anos para degradar no meio ambiente. Analisar se houve alterações significativas nas propriedades mecânicas com a adição de PET, e quais as suas vantagens e desvantagens após a adição das fibras e entre os valores adicionados, qual proporcionou melhores resultados.

1.1. Objetivos

1.1.2. Objetivo geral

Analisar as propriedades físicas e mecânicas do concreto com a adição de fibras de PET.

1.1.3. Objetivos específicos

- Definir teores de adição e traço do concreto a ser utilizado;
- Fazer a comparação dos resultados do concreto com e sem adição de PET;
- Verificar as diferenças em relação ao módulo de elasticidade de cada teor de substituição;
- Analisar as vantagens e desvantagens da adição de fibras de PET.

2. Material e Método

2.1. Material

Os materiais utilizados nesse estudo foram: cimento Portland CP V-ARI, água, agregado graúdo e miúdo e fibra de PET. Todos os materiais foram disponibilizados pelo laboratório de engenharia da Universidade de Rio Verde (UniRV), exceto a fibra, que foi cedido por uma empresa de embalagens na cidade de Rio Verde – Go.

2.1.1. Cimento Portland

O Cimento Portland utilizado para este estudo é CP V-ARI da marca Ciplan.

2.1.2. Água

A água utilizada é da rede de abastecimento municipal de Rio Verde - Go tendo como gestora a SANEAGO (Saneamento de Goiás).

2.1.3. Agregado graúdo e miúdo

Os agregados utilizados foram brita e areia, sendo o agregado graúdo basalto e a areia de rio.

2.1.4. Fibra de PET

A fibra de tereftalato de etileno foi triturada, como apresenta na figura 1, com formato descontínuo para ser inserida no concreto.



Figura 1: PET em fibras.
Fonte: Própria (2019).

2.2. Métodos

2.2.1. Ensaio de Caracterização dos materiais

Os ensaios de caracterização dos materiais foram executados no laboratório de materiais da (UniRV), com objetivo de determinar a qualidade dos materiais usados. Iniciou-se com a secagem dos materiais em estufa SL – 100 disponibilizada, no laboratório da universidade a 105° C, em bandejas de alumínio.

Em seguida determinou-se a massa específica e massa específica aparente dos agregados miúdos a serem utilizados, em concreto seguindo as determinações da NBR NM 52 (ABNT, 2009).

O ensaio de massa específica aparente e absorção de água do agregado graúdo seguiu os procedimentos descritos na NBR NM 53 (ABNT, 2009), e o ensaio de massa unitária do agregado solto e compactado foi executado, de acordo com a NBR NM 45 (ABNT, 2006), para a determinação da densidade a granel e do volume de vazios de agregados miúdos, graúdos ou de mistura dos dois agregados. Para definir a composição granulométrica dos agregados graúdo e miúdo do concreto seguiu-se os procedimentos de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003), e a massa específica do cimento Portland foi definida pelo método do frasco *Le Chatelier*, que está descrito na NBR 16605 (ABNT, 2017). A tabela 1 apresenta um resumo dos ensaios de caracterização dos materiais:

Tabela 1: Resultados da Caracterização dos Materiais

Resultados da Caracterização dos Materiais			
Ensaio	Agregado miúdo	Agregado Graúdo	Cimento Portland
Massa Específica (g/cm ³)	2,62	2,72	3,05
Massa Unitária (kg/m ³)	1494,54	1403,96	
Massa Unitária (kg/m ³)	1657,63	1785	
Módulo de Finura	1,25	1,63	

Fonte: Autores (2019).

O traço das amostras foi definido em função de sua utilização, em obras convencionais, sendo 1:2:3 em que é amplamente utilizado para execução de calçadas, pequenas construções e muros de arrimo. Em função do cimento destaca-se que o cálculo é para atingir um concreto de 30 MPa. Portanto, a definição do traço adotado segue a tabela 2.

Tabela 2: Quantitativo de Materiais

Quantidade de Material						
Concreto	Traço	Cimento (kg)	Areia Grossa(Kg)	Brita (Kg)	Água (kg)	PET (Kg)
Referência	01:02:03	39,084	78,168	117,252	21,496	
Adição 3%	01:02:03	39,084	78,168	117,252	21,496	0,3
Adição 1,5%	01:02:03	39,084	78,168	117,252	21,496	0,15

Fonte: Autores (2019).

A execução do concreto foi realizada em betoneira locada de uma empresa particular na cidade Rio Verde- GO. Os devidos materiais foram pesados e colocados na betoneira depois de ser umedecida, na seguinte ordem, conforme o fluxograma na figura 2:

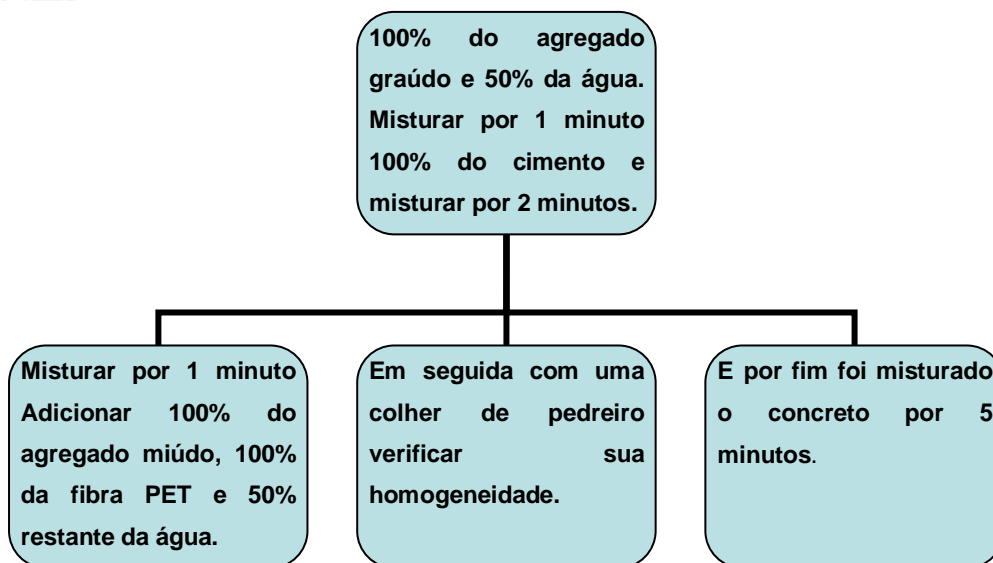


Figura 2: Fluxograma de execução

Fonte: Autores (2019).

Após os corpos de prova serem moldados, foram colocados em um local plano e reservado, longe de vibrações. Após 24 horas, os mesmos foram desmoldados, identificados e armazenados em tanque de água para cura úmida com temperatura controlada.

2.2.2. Ensaios para o Estado fresco do concreto

A trabalhabilidade apresenta maior facilidade de moldagem, e não é uma característica essencial do concreto, pois não existe uma trabalhabilidade ideal. Para analisar essa propriedade existem alguns ensaios que são executados para determinar as características desta, como o ensaio de consistência e ensaio de coesão. Esse ensaio é conhecido também, como *slump test*.

Slump-Test, é um dos métodos mais tradicionais e utilizados no Brasil, pois é de fácil execução, permitindo que se faça com muita simplicidade em obra, é normatizado pela NBR NM 67 (ABNT, 1998), na qual o principal objetivo é determinar a consistência do concreto em estado fresco, com base em seu assentamento, sendo executado em obra, como já citado ou em laboratório.

Esse método somente é realizado em concretos plásticos e que apresentem coesão igual ou inferior a 10 mm, não sendo realizado onde o concreto contenha agregado graúdo com dimensão maior que 37,5 mm, desta forma é preciso passar o concreto na peneira 37,5 mm, determinando a fração ideal.

Para a realização do ensaio foi necessário um molde de metal, com formato de cone, seu interior deve ser liso e livre de ressaltos, foi preciso uma haste para execução dos golpes, e dispor de uma placa metálica plana, retangular.

Após isso, foi retirado o molde de forma cuidadosa e constante na direção vertical, esse movimento é feito entre 5 a 10 segundos, imediatamente após a retirada do molde, aferindo o abatimento do concreto, medindo a altura do molde e a altura média do corpo de prova.

Com o concreto no estado fresco, foi executado o *slump test* para a verificação de sua consistência, desta forma foi possível verificar a trabalhabilidade das amostras. A realização desse ensaio é mostrada na Figura 3.



Figura 3: Slump Test

Fonte: Própria (2019).

Em cada traço foram medidas a altura do slump, a fim de determinar a sua trabalhabilidade, onde o traço referência teve uma trabalhabilidade, dentro dos valores indicados na norma, que para um concreto plástico de traço convencional é de 5 cm, já os traços com adição de 1,5% e 3% da fibra PET, obtiveram valores menores, sendo este com uma trabalhabilidade menor devido utilizar a mesma relação a/c para todos os traços. A tabela 3 abaixo apresenta os resultados do ensaio de abatimento dos traços de referência, com adição de PET 1,5% e com adição de PET de 3%.

Tabela 3: Resultados Slump Test

Resultados do ensaio de abatimento (cm)		
Referência	Adição 1,5%	Adição 3%
2,5	2,0	1,0

Acervo Pessoal (2019).

O valor correto para o slump referência é de 5 cm, porém o resultado obtido é de 2,5 cm, devido à relação água cimento baixa, já em relação aos concretos com adição foi notório o aspecto de menor trabalhabilidade, pois manteve-se o mesmo quantitativo de materiais do concreto referência.

Já para o estado endurecido realizou-se ensaios de resistência à compressão simples, de acordo com NBR 5739 (ABNT, 2018), o ensaio de tração por compressão diametral, seguindo a NBR 7222 (ABNT, 2011) e ensaio de tração na flexão pela NBR 12142 (ABNT, 2010). Os corpos de prova cilíndrico com dimensões 15x30 cm, e corpos de prova prismáticos, moldados conforme a NBR 5738 (ABNT, 2016). Foram verificados para idade de 7 e 28 dias 12 corpos de prova cilíndricos e 3 prismáticos, com um total de 15 corpos de prova para cada traço.

2.2.3. Ensaios no estado endurecido de concreto

De acordo com Freitas (2012), as características mecânicas mais importantes do concreto são: resistência à compressão, tração e módulo de elasticidades, sendo são obtidas através de ensaios. É válido ressaltar que o concreto é um material que resiste bem a compressão, porém não resiste bem às tensões de tração, considerando que a resistência a compressão resiste aproximadamente dez vezes mais que a resistência a tração.

Normalmente, é usado para o concreto endurecido ensaios de corpos de prova cilíndricos, com diâmetro de 15 cm e altura de 30 cm, a idade ideal é de 28 dias (FREITAS, 2012).

Segundo a NBR 8953 (ABNT, 2015), as classes de resistência do concreto são definidas através do fck (resistência característica do concreto à compressão), que os classificam em três grupos, os grupos I e II são concretos estruturais, onde o grupo I inicia-se com fck de 20 MPa a até 50 MPa, o grupo II são de alto desempenho e começam com fck de 55 MPa até 100 MPa, e um grupo de concretos não estruturais com fck de 10 a 15 MPa.

Para o ensaio de compressão diametral utilizou-se como base a NBR 7222 (ABNT, 2011), é considerado o ensaio mais utilizado, por ser simples e de fácil execução e pode-se usar os mesmos corpos de provas cilíndricos usados no ensaio de compressão.

Para a realização deste ensaio são necessários equipamentos como: máquina de ensaio à compressão, pratos metálicos, dispositivo para compressão diametral, ripas de madeira ou tiras de papelão e cronometro digital.

Os corpos de prova moldados de acordo com procedimento foram colocados em condição de cura especificada e testados na idade desejada. Os topos dos corpos de prova devem estar perpendiculares ao eixo e planos, e para determinar o comprimento do corpo de prova deve-se fazer a média de três comprimentos dos lados do cilindro.

A tração a flexão segue as orientações da NBR 12142 (ABNT, 2010), em corpos de prova de concreto prismáticos, com seção quadrada e apoiada por dois cutelos, em que aplicam-se duas cargas iguais e simetricamente dispostas, em relação ao centro do vão, as cargas são aplicas à 1/3 do vão. Os corpos de provas são moldados de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2016).

A NBR 8522 (ABNT, 2017) determina a forma de obtenção do módulo de elasticidade à compressão do concreto endurecido, os corpos de prova devem ser cilíndricos e podem ser moldados ou extraídos da estrutura, conforme determinado pela NBR 6118 (ABNT, 2014).

Para o cálculo do módulo de elasticidade foi usada a seguinte formula para f_{ck} de 20 MPa a 50 MPa:

$$E_{ci} = \alpha e. 5600\sqrt{f_{ck}}$$

Onde foi o valor de $\alpha E = 1,2$ para basalto.

Para o cálculo do módulo de elasticidade secante foi utilizada a formula:

$$E_{cs} = \alpha i. E_{ci}$$

Onde:

$$\alpha i = 0,8 + 0,2 \cdot \frac{f_{ck}}{80} \leq 1,0$$

Alguns aspectos podem afetar no módulo de elasticidade do concreto, dentre elas: resistência à compressão do concreto, idade do concreto, consistência do concreto fresco, volume de pasta por metro cubico de concreto, teor de umidade dos corpos de prova no momento do ensaio, dimensão máxima do agregado graúdo, dimensões dos corpos de prova, temperatura de ensaio, natureza da rocha do agregado graúdo (FREITAS,2012).

3. Resultados

Após o processo de cura, executou-se o ensaio de compressão simples, tração por compressão diametral e ensaio de tração na flexão. Os corpos de prova cilíndricos para obter uma retificação adequada foram capeados com enxofre, obtendo desta forma, uma distribuição da carga linear, durante o ensaio, conforme a figura 4:

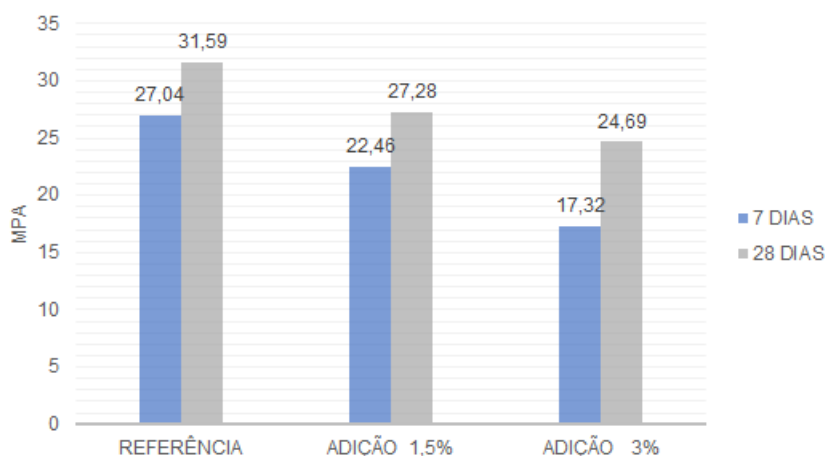


Figura 4: Valores de resistência a compressão simples em MPa.

Fonte: Própria (2019).

Foram feitos dois controles de resistência a compressão aos 7 e aos 28 dias, sendo possível observar que em todos os traços houve acréscimo de resistência ao longo do tempo de cura. Porém, quando comparadas as resistências finais aos 28 dias, observa-se que a amostra referência sem adição de PET obteve valor maior quando comparada, com a amostra referência.

Ressalta-se que mesmo com a adição de um material não convencional ao concreto, foi possível obter valores significativos, indicando que é possível a reutilização do PET em pequenas obras, calçadas, muros de arrimo e contrapisos. As adições de 1,5% e 3% reduziram os valores de resistência à compressão ao final de 28 dias sendo 13,64% e 21,84% respectivamente, quando comparado a referência que obteve um valor de 31,59 MPa aos 28 dias.

O ensaio de tração na flexão foi realizado aos 28 dias, e os valores são na faixa de 10% do valor obtido da resistência a compressão. Como se observa na figura 5, os valores obtidos ficam aproximados da estimativa.

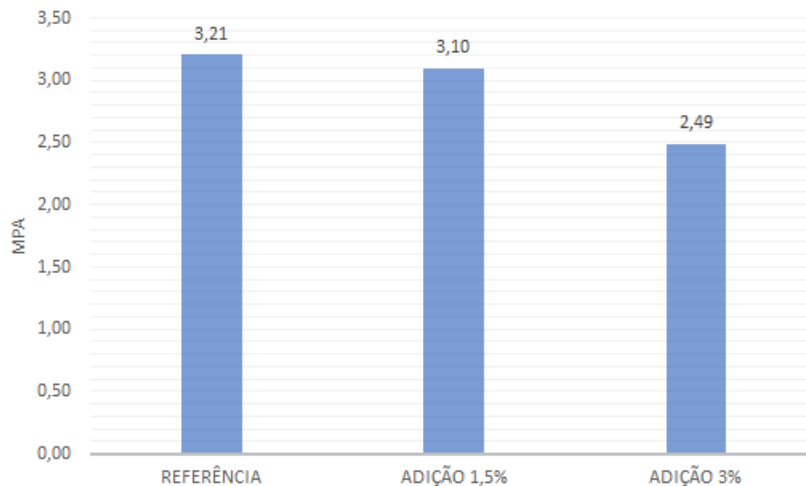


Figura 5: Valores de resistência a tração

Fonte: Própria (2019).

A amostra de referência teve valor de resistência maior que as amostras com adição de 1,5% e 3%. A amostra com adição de 1,5% teve uma redução de 3,42% e a de 3% obteve o valor de 22,30%. Foi possível notar que no concreto, com adição de 1,5% teve uma resistência muito próxima a referência, ou seja as fibras conseguiram trabalhar bem na flexão, não tendo uma perda considerável. A resistência à tração é responsável pela absorção do carregamento precoce de uma estrutura, e no caso da adição de PET não houve melhora nestes valores.

Os valores de módulo de elasticidade foram obtidos por cálculos matemáticos indicados na NBR 6118(2014). Após a verificação, os resultados obtidos pelos três módulos de elasticidade estudados estão expostos na Figura 6:

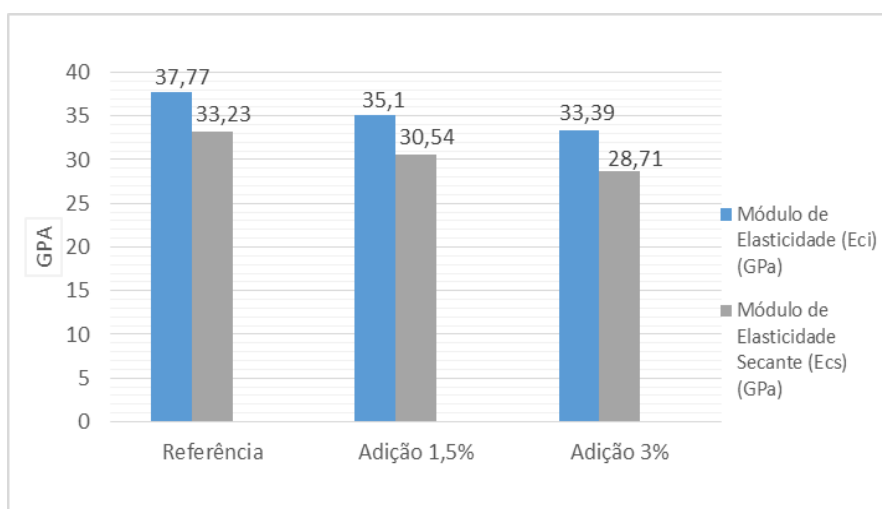


Figura 6: Resultados do módulo de elasticidade

Fonte: Própria (2019).

O módulo de elasticidade é a razão entre uma tensão aplicada sobre um corpo e a deformação específica imediata nele verificada. Observa-se que os valores do módulo de Elasticidade (E_{ci}) ficaram próximos, não houve uma grande redução significativa, como nos outros ensaios, indicando que as adições não tiveram grande influência sobre as deformações do concreto.

Já o Módulo de Elasticidade Secante (E_{cs}), que é utilizado nas análises elásticas do projeto, especialmente, para a determinação de esforços solicitantes e verificação de estados limites de serviço, se observa que com a adição de PET, apesar dos valores serem reduzidos em relação a referência, indica que o concreto com adição, pode ser utilizado em pequenas residências, como concreto armado. De acordo com os dados da NBR 6118(2014) para concretos de 30 GPa, que indicam valores de 33 GPa, verificou-se que a referência ficou acima do valor mínimo, com 33,23 GPa e as amostras com 1,5% e 3% tiveram uma redução de 7,5% e 13% quando comparado ao prescrito na norma.

A adição de fibra de PET tornou o concreto um material mais seco, o que reduziu sua trabalhabilidade conforme comprovado pelo ensaio de consistência, porém observou-se, que o mesmo possuía a característica de um concreto poroso. Para verificar se o mesmo apresentava esta condição, moldou-se uma placa com medidas de 30 cm x 30 cm com espessura de 5 cm, com adição de 1,5 % de PET e após a sua desmoldagem, com 3 dias, foi feito um teste visual de porosidade. A figura 7 mostra a placa moldada para ensaio visual.



Figura 7: Placa 30x30 com adição de 1,5%

Fonte: Própria (2019)

Com o ensaio visual observa-se que o concreto possui características de porosidade, sendo uma possível solução para pavers, contrapisos e calçadas externas, pois além de estar utilizando um material, que não possui reciclagem, ele ainda auxilia na permeabilidade da água.

4. CONCLUSÃO

Este estudo permitiu verificar, que apesar da adição de PET ter reduzido às características mecânicas do concreto, ele ainda se encaixa dentro de algumas aplicações, como pavers, calçadas e construções menores. Outra característica importante foi à redução do peso, com a adição de PET e com isso caracterizando o mesmo, como um concreto poroso. Observou-se também que, apesar da diminuição da trabalhabilidade, os concretos com adição de PET tiveram resultados satisfatórios, pois estariam sendo classificados, dentro do grupo I para o concreto estrutural, com f_{ck} 20 MPa à 50 MPa.

Não obstante, para novos estudos, visando melhoria dos valores de resistências, as sugestões são novos traços, melhorando a relação água/cimento, outras porcentagens de adições, e diferente formato das fibras, como em flocos, buscando uma melhor aderência ao concreto.

Referências

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

_____. **Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente**. NBR NM 52. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. NBR NM 53. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. NBR NM 67. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **Agregado – Determinação da composição granulométrica**. NBR 248. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. NBR 5738. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. NBR 5739. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. NBR 6118. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **Argamassa e Concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. NBR 7222. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão**. NBR 8522. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência.** NBR 8953. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos.** NBR 12142. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica.** NBR NM 16605. Rio de Janeiro, 2017.

CHOU, Y. W., MOON, D. J., CHUNG, J. S., & CHO, S. K. (2005). **Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete.** *Cement and concrete research*, 35(4), 776-781.

CORREA, P. M. "Estudo comparativo da influência da adição de pet e pp pós-consumo na produção do concreto estrutural." (2015).

FREITAS, R. P. de. **Controle de qualidade em concreto endurecido: ensaios mecânicos.** 2012. 55 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2012.

FIGUEIREDO, A. D. de. **Concreto reforçado com fibras.** Diss. Universidade de São Paulo, 2011.

FORLIN, F. J.; FARIA, J. D. A. F. (2002). **Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas.** *Polímeros*.

KARAGIANNIDIS, Panagiotis G.; STERGIOU, Anagnostis C.; KARAYANNIDIS, George P. **Study of crystallinity and thermomechanical analysis of annealed poly (ethylene terephthalate) films.** *European Polymer Journal*, v. 44, n. 5, p. 1475-1486, 2008.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo JM. **Concreto: Microestrutura. Propriedades e Materiais, 2ª Ed., IBRACON, São Paulo, 2014.**

PELISSER, F. (2002). **Avaliação do desempenho de concreto reforçado com fibras de polietileno tereftalato (PET).**

PIETROBELLI, Eliton R. **Estudo de viabilidade do Pet reciclado em concreto sob aspecto da resistência a compressão.** Monografia-Universidade Comunitária Regional de Chapecó, Chapecó, 2010.