

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE POLITEREFTALATO DE ETILENO COMPARADO AO CONCRETO CONVENCIONAL

DOMENE, Mateus¹
LADONINSKY, Jhonathan²
BRESSAN, Rodrigo³

RESUMO: Com o propósito de solucionar a escassez dos recursos naturais e reduzir os danos gerados à natureza e de custos, novos materiais serão necessários.

A adição de fibras de Politereftalato de Etileno (PET) juntamente ao concreto, na geometria circular com diâmetro de 10 mm, tem como propósito aumentar a resistência do concreto, sendo assim, estudo estará limitado à análise de resistência do concreto de resistência F_{ck} 30 MPa, contendo adição de fibras de Politereftalato de Etileno, nas porcentagens de 4 e 6% em relação ao teor de cimento.

A análise se limita a resistência a compressão. Foram elaborados 3 corpos de prova para cada porcentagem de fibras e também para o concreto convencional levando em conta o ensaio de compressão, totalizando a confecção de 18 corpos de prova.

Após moldagem dos corpos de prova, foram armazenados na câmara úmida do laboratório de construção civil, retirados 24 horas antes do ensaio apenas para ser feito a retificação de em ambas as faces para melhor distribuição de carga na prensa hidráulica

Esse experimento com ensaio laboratorial foi baseado no comportamento de amostras de concreto com a adição de fibras PET, possibilitando a utilização em elementos estruturais e até mesmo em outras aplicações.

O trabalho demonstra o comparativo entre corpos de prova de concreto convencional com amostras com 4 e 6% de fibras PET, através de compressão axial. Todos os ensaios foram realizados com amostras e comparados ao concreto convencional. Dessa forma, percebeu-se que a adição de fibras pet com a geometria circular resultou num aumento da resistência em cerca de 56,7 e 81,84%, para os teores 4 e 6% de fibras das amostras em relação as amostras de concreto convencional sem a adição das fibras.

Palavras-chave: Concreto, fibras, sustentabilidade, pet, resistência.

¹Mateus Domene Darlin, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: mddarlin@minha.fag.edu.br.

²Jhonatan Ladoninsky, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: ladoninsky@hotmail.com

³Rodrigo Techio Bressan Mestre Engenheiro Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR.



1. INTRODUÇÃO

A existência de novas regras limitando a utilização, exploração e a escassez de recursos naturais influencia diretamente na construção civil e no alto custo dos materiais, tornando assim praticamente obrigatória a busca por novos materiais a fim de amenizar os danos gerados à natureza. Dessa forma, utilizando-se desses recursos é possível haver uma redução do custo final da produção. Devido à necessidade global de se reutilizar tudo aquilo que é descartável e responsável por problemas ambientais, os materiais alternativos estão sendo cada vez mais utilizados na construção civil (CORÓ, 2002).

A utilização de aditivos junto a matriz cimentante do concreto é uma ideia que vem sendo estudada a algum tempo, e em alguns trabalhos se obtiveram sucesso como é o caso da adição de sílica ativa e do metacaulim (CARMO, 2008), onde beneficiou-se favoravelmente o custo e as resistências de tração e compressão.

O plástico Pet que é utilizado em embalagens de refrigerantes, alimentos e diversos outros produtos do nosso dia a dia vem sendo pesquisado como aditivo do concreto. Segundo o 11º Censo da Reciclagem realizada pela Associação Brasileira da Indústria do PET- (ABIPET, 2019), mostra que o Brasil reciclou cerca de 331 mil toneladas do produto com faturamento chegando a R\$ 3,6 Bilhões.

Com essas informações, a justificativa para esse trabalho é devido a necessidade de novos materiais na construção civil, que possam diminuir custos dos materiais na construção e o uso dos recursos naturais, tornando viável a pesquisa por inovações tecnológicas na área da engenharia civil (SANTOS, 2021).

As fibras que serão utilizadas nessa pesquisa são de polietileno tereftalato (PET), que é um polímero utilizado frequentemente na indústria de tecidos, embalagens, produtos de higiene, para embalar comidas etc. Sendo ele pertencente a família dos poliésteres, e é 100% reciclável. Começou a ser produzida no Brasil no ano 1993 (ECOCYCLE, 2002). Segundo Mezzari (2001), a fibra de poliéster foi a mais produzida no Brasil, com cerca de 162,7 mil toneladas/ano.

Zheng e Feldman (1995), mostraram que a adição de apenas 1% de fibras em ralação ao volume do concreto gerava um aumento de 7% da resistência a tração e 5% da resistência a compressão.



O estudo estará limitado à análise de resistência do concreto de resistência F_{ck} 30 MPa, contendo adição de fibras de Politereftalato de Etileno, somente nas quantidades de 4 e 6% em relação ao teor de cimento. A análise se limita a resistência a compressão. Foram elaborados 3 corpos de prova para cada porcentagem de fibras e também para o concreto convencional levando em conta o ensaio de compressão, os rompimentos aos 13 e 17 dias totalizando a confecção de 18 corpos de prova.

Outros testes, envolvendo aspectos como volume aparente, absorção de água, vazios permeáveis e afins, não foram realizados.

Com esse intuito se formula a pergunta a ser respondida por esse trabalho: É possível aumentar a resistência do concreto adicionando fibras de Politereftalato de Etileno em sua dosagem?

Com as informações expostas anteriormente, este trabalho tem como objetivo geral analisar o comportamento da resistência de compressão do concreto contendo fibras de polietileno tereftalato – PET, em 2 diferentes proporções (4 e 6%), comparando-o ao concreto convencional sem adições.

Para que este trabalho científico tenha êxito, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

Realizar o ensaio de resistência a compressão axial do concreto com adição de 0, 4 e 6% de fibras de Politereftalato de Etileno, para obtenção a resistência a compressão do concreto.

Comparar os dados obtidos com os ensaios de resistência do concreto convencional e do concreto com adição de fibras de Politereftalato de Etileno.

Realizar o ensaio do abatimento do concreto em seu estado fresco afim de verificar sua trabalhabilidade.



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será abordado uma breve revisão sobre os conceitos de concretos reforçados com fibras para o entendimento da pesquisa.

2.1.1. Materiais compósitos com fibras

Materiais compósitos são materiais combinadas para a obtenção de produtos com propriedades físicas e mecânicas melhoradas que os materiais sozinhos não possuem (KARSENTY, 1997).

Para BUDINSKI (1996), os materiais fibrosos são constituídos por duas fases, sendo elas: fibras e a matriz onde as fibras se encontram. As fibras tem a função de servir como reforço mecânico, mesmo seu volume menor que o da matriz.

As fibras em uma matriz cimentada tem dois efeitos importantes, elas tendem a reforçar o compósito sobre todos os modos de carregamento que induzem tensões de tração, e melhoram a ductibilidade e a tenacidade de uma matriz com características frágeis (Johnston, 1994).

Hannant (1994) afirma que a fibra mantém as interfaces das fissuras juntas, beneficiando as propriedades mecânicas no estado pós fissuração, aumentando assim a ductibilidade. As fibras contribuem para o aumento da resistência, da deformação de ruptura e da tenacidade dos compósitos.

2.1.2. Aspectos da resistência do concreto

Segundo Quadros (2014), a resistência à compressão é a propriedade do concreto mais conhecida pelos profissionais e vem sendo utilizada para verificar a garantia de qualidade do concreto, fazendo assim com que o módulo de elasticidade e a resistência à tração não sejam fatores que preponderam decisões, principalmente no canteiro de obras onde muitas vezes a maioria das atividades são finalizadas quando a resistência a compressão é atingida, desconsiderando prováveis deformações e fissuras que possam surgir.



A NBR 5739 (ABNT, 2018), especifica o método de ensaio para a determinação da resistência a compressão de corpos de prova cilíndricos moldados conforme a NBR 5738 e extraídos conforme NBR 7680 (ABNT, 2015).

A relação água/cimento é o principal fator que influencia as propriedades mecânicas do concreto. De acordo com METHA e MONTEIRO (1994), a relação água/cimento influencia a porosidade tanto da matriz da pasta de cimento como da zona de transição entre a matriz e o agregado graúdo, tornando-as menos resistentes.

MEDEIROS *et. al.* (1999) relatam que o efeito da cura inadequada sobre a resistência é maior com relações água/cimento maiores, e também é maior em concretos com menor velocidade de evolução da resistência.

Vários fatores podem influenciar os resultados dos ensaios de resistência à compressão, tais como: tipo e tamanho do corpo-de-prova, tipo do molde, cura, tratamento dos topos, rigidez da máquina de ensaio e velocidade de aplicação da tensão; por estes motivos a padronização se faz necessária (CASTRO, 2009).

2.1.3. Polietileno Tereftalato (PET)

O PET – polietileno tereftalato é hoje a resina com maior taxas de aplicação em materiais de embalagens. Isso se deve sem dúvida às suas excelentes propriedades, a exemplo da elevada resistência mecânica, térmica e química, aparência nobre (brilho e transparência), parcialmente cristalina e orientada (translúcido), barreira a gases, entre outras (GARCIA, 2003).

Por causa da sua utilização crescente e a desordem na reciclagem o pet é considerado um dos materiais que mais geram poluição ao meio ambiente. No entanto, com vários estudos feitos, já se sabe que é possível a reutilização desse resíduo em diversas áreas, de maneira sustentável, principalmente na engenharia civil (TAGLIANI, 2017).

As fibras de polietileno possuem um modulo de elasticidade baixo, não são muito aderentes a matriz cimentícia e são altamente resistentes aos álcalis. Elas também possuem alta durabilidade, mas apresentam deformações de fluência que podem causar elongações e deflexões ao longo do tempo, se utilizadas como reforço de um compósito fissurado, sujeito ao carregamento de altas tensões constantes (Hannant, 1994).



Um dos maiores benefícios da reciclagem do PET é a redução do volume de lixo coletado, proporcionando melhorias sensíveis no processo de decomposição da matéria orgânica. Proporciona economia de energia elétrica e petróleo. Gera empregos para catadores, sucateiros e operários, por exemplo, e também menor preço para o consumidor dos artefatos produzidos com plástico reciclado, aproximadamente 30% mais baratos do que os mesmos produtos fabricados com matéria-prima virgem. (AMBIENTE BRASIL, 2014)

2.1.4. *Slump Test*

O teste utilizado para determinar as propriedades de consistência do concreto fresco Comumente, a trabalhabilidade do concreto fresco é medida pelo teste que utiliza o cone de Abrams, enquanto que no concreto convencional é utilizado o teste conhecido como *slump*, medido pela diferença entre a altura inicial do concreto, que é a mesma do cone, e a altura após ele ceder com a retirada do cone. Se o abatimento resultar em valor pequeno, o concreto é considerado seco, se apresentar valor alto é considerado fluído (BALBO, 2009).

Dependendo do processo de produção do concreto o valor de abatimento pode variar. O abatimento é um grande aliado no controle do concreto, levando em conta que pode sofrer alterações desde o momento da produção, seu transporte e o uso de adições, caso de fibras, podem ocasionar em perda significativa no abatimento (BALBO, 2009).

No Brasil, a NM 67 estabelece o método para a realização de ensaios de abatimento que determina a consistência do concreto em seu estado fresco (ABNT, 1998)

2.1.5. Concreto com reforço de fibras

As pesquisas sobre o comportamento de materiais com reforços de fibras, vem sendo desenvolvidas a partir da década de 50 com fibras de aço e vidro (BENTUR e MINDESS, 1990). As fibras poliméricas mais utilizadas hoje em dia são as de polipropileno (TANESI e FIGUEIREDO, 2002).

A respeito do polipropileno, que é um polímero reciclável. A principal característica apresentada por este material é a qualidade e o baixo custo, resistência química elevada a



solventes, moldagem fácil e boa estabilidade térmica. Tratando-se de um material termoplástico a moldagem é facilitada, sendo assim a obtenção das fibras é um processo simples e barato.

O concreto contendo cimento hidráulico, água, agregados e fibras descontínuas, resulta em um material compósito, chamado de concreto reforçado com fibras. As fibras que vem sendo produzidas para o uso no concreto são as fibras de aço, fibras de vidro e polímeros orgânicos. Também são utilizadas fibras de vários tamanhos, formas e tipos (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

2.1.6. Fibra de pet na produção de concretos

Um estudo realizado por Rodrigues *et al.* (2018), com o objetivo de avaliar o desempenho mecânico do concreto sem adição das fibras poliméricas em detrimento do compósito, os resultados mostraram que a adição não garante grande ganho de resistência à compressão nem a tração, mas, minimiza o comportamento frágil do concreto convencional, e um aumento, mesmo que pouco significativo, da capacidade de deformação.

Neste estudo foram avaliados 40 corpos de prova contendo teores de 0%, 4,5%, 5% e 5,5% de fibras de garrafa PET. Os concretos foram avaliados através dos ensaios de resistência à compressão axial e à tração por compressão diametral aos 28 dias.

Para se verificar a resistência a compressão foi utilizado a prensa hidráulica EMIC 23-200. Os corpos de prova foram submetidos a cargas constantes e após o rompimento utilizou-se da carga máxima aplicada para calcular o valor da tensão de compressão axial, onde com o resultado pode se notar que a adição de fibras proporcionou um decréscimo no valor da resistência à compressão.

A diferença ocasionada pela adição de fibra pode ser justificada porque além de diminuir a trabalhabilidade no concreto, o PET apresentou-se no formato de fibra, que apresenta melhores resultados na resistência à tração do que quando analisada a resistência à compressão.

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Tratou-se de um estudo experimental com ensaio laboratorial e manipulação do concreto convencional de fibras de Politereftalato de Etileno a 0, 4 e 6%, como aditivos. Foram moldados 3 corpos de provas para cada teor de aditivo, posteriormente rompidos para a análise de seu comportamento em relação ao concreto convencional. Esse experimento foi desenvolvido no laboratório do Centro Universitário Assis Gurgacz localizado no Bairro FAG da cidade de Cascavel, Paraná.

3.2 Caracterização da amostra

Os corpos de prova de forma cilíndrica, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, com fibras na forma circular contendo o diâmetro de 10 mm de Politereftalato de Etileno em sua composição, além de cimento, areia (agregado miúdo), brita (agregado graúdo) e água, designados de maneira acurada para o procedimento, salientando-se a geometria. Ao interior do corpo de prova foi aplicado um produto desmoldante para facilitar a liberação da amostra.

As fibras foram extraídas de produtos plásticos (PET), particularmente de garrafas, cortadas todas sobre um diâmetro específico.

Figura 1: Geometria da fibra de Politereftalato de Etileno.



Fonte: Autores (2022).

Figura 2: Fibras de politereftalato de etileno.



Fonte: Autores (2022).



3.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

A forma de obtenção das fibras foi cortar com auxílio de uma máquina de corte, 80 garrafas PET, estimando-se assim aproximadamente 1kg de fibra para o estudo experimental. Todas as garrafas foram higienizadas para remoção de quaisquer impurezas e também toda umidade presente.

Para coleta de dados tivemos o laboratório de construção civil, onde foi possível realizar a moldagem dos corpos de prova para análise de seu comportamento. Também utilizamos a prensa hidráulica para romper os corpos de prova e ter conhecimento de sua resistência sem os aditivos e posteriormente, com os aditivos.

3.3.1 Materiais

O cimento utilizado foi o CP II F – Todas as Obras da marca Votorantim designado para o concreto convencional que atende a NBR 11578 (1991). O agregado graúdo utilizado no concreto foi a brita 1, o agregado miúdo utilizado foi a areia média, que foram disponibilizados pelo centro universitário e a água utilizada no processo é fornecida pelo sistema de abastecimento de água do município de Cascavel-PR,

3.3.2 Traço

Segue os traços utilizados para o estudo: o quadro 1 refere-se ao concreto convencional sem aditivos, o quadro 2 ao concreto com 4% de aditivos e o quadro 3 ao concreto com 6%.

O traço de referência para confecção dos corpos de prova foi o traço 1: 3: 3 com fck 30 MPa, conforme o quadro 1.

Quadro 1: Traço base do concreto convencional:

Material	Quantidade	Traço Unitário
Cimento	10kg	1
Areia	20,5kg	2,05
Brita	30kg	3
Água	5L	0,50

Fonte: Autores (2022).



Quadro 2: Traço 1 (4%).

Material	Quantidade	Traço Unitário
Cimento	10kg	1
Areia	10,25kg	1,025
PET	0,4kg	0,04
Brita	30kg	3
Água	5L	0,5

Fonte: Autores (2022).

Quadro 3: Traço 2 (6%).

Material	Quantidade	Traço Unitário
Cimento	10kg	1
Areia	19,5kg	1,95
PET	0,6kg	0,06
Brita	30kg	3
Água	5L	0,5

Fonte: Autores (2022).

Portanto, de acordo com os traços das tabelas 1, 2 e 3 estabelecidos, moldaram-se os corpos de prova que foram ensaiados à compressão axial, ensaiados aos 13 e 17 dias, divergindo o cronograma de pesquisa em virtude da disponibilidade do laboratório.

3.3.4 Corpos de prova

Seguindo a ABNT NBR 5738 (2015), na moldagem dos corpos-de-prova foram utilizadas as formas de dimensões 10 x 20 cm, produzindo assim 18 corpos de prova ao total, 3 para cada porcentagem de fibras, sendo utilizados 9 corpos de prova para 13 dias e 9 para 17 dias de cura.

Figura 3: Corpos de prova moldados



Fonte: Autores (2022).

A dosagem total, seguindo a ABNT NBR 1265 (2006), foi separada em três fases de mistura contendo cada uma 0, 4 e 6% de fibras. Após serem misturadas respeitando a ordem de cimento, agregado miúdo, grão e por fim a adição da água em pequenas porções, o concreto foi misturado com auxílio de uma betoneira e caixa argamassadeira no final de cada dosagem. A limpeza dos instrumentos utilizados foi essencial para esta etapa.

3.4 Ensaios

3.4.1 *Slump Test*

Após total homogeneidade da dosagem, realizado o teste de abatimento do concreto em estado fresco, conhecido popularmente por *slump test*, seguindo a ABNT NBR NM 67 (1998), onde foi utilizada uma forma tronco-cônica, adicionada a dosagem em três camadas igualmente adensadas, com uma média de 25 golpes por camada. Em seguida o cone é retirado e colocado ao lado da amostra, analisado a sua consistência de acordo com o assentamento da amostra. Conforme ilustra a figura 4.

Figura 4: *slump test*.



Fonte: Autores (2022).

4. RESULTADOS e DISCUSSÕES

4.1.1 Resultados dos ensaios de resistência a compressão

A resistência a compressão a partir da média da divisão da carga da ruptura pela área da seção transversal do corpo de prova. Realizado com o auxílio da prensa hidráulica, como nota-se na figura 5.

Figura 5: Ensaio de compressão.



Fonte: Autores (2022).

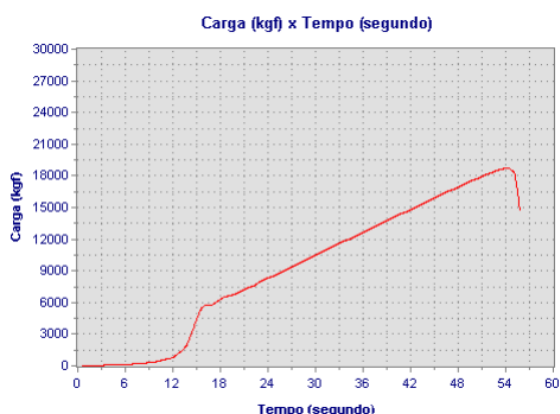
A resistência à compressão máxima atingida no traço utilizado foi a de 23,3 MPa, representada no Gráfico 1.

Gráfico 1 : Ensaio de compressão.

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 18.680
Tensão máxima (MPa): 23,3
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Fonte: Autores (2022).

Com base no Quadro 4, é possível observar o comportamento da resistência à compressão nos valores comparados entre os corpos de prova sem e com adição da fibra aos 13 e 17 dias, nas com aditivo na dimensão de 10mm de diâmetro, geometria circular.

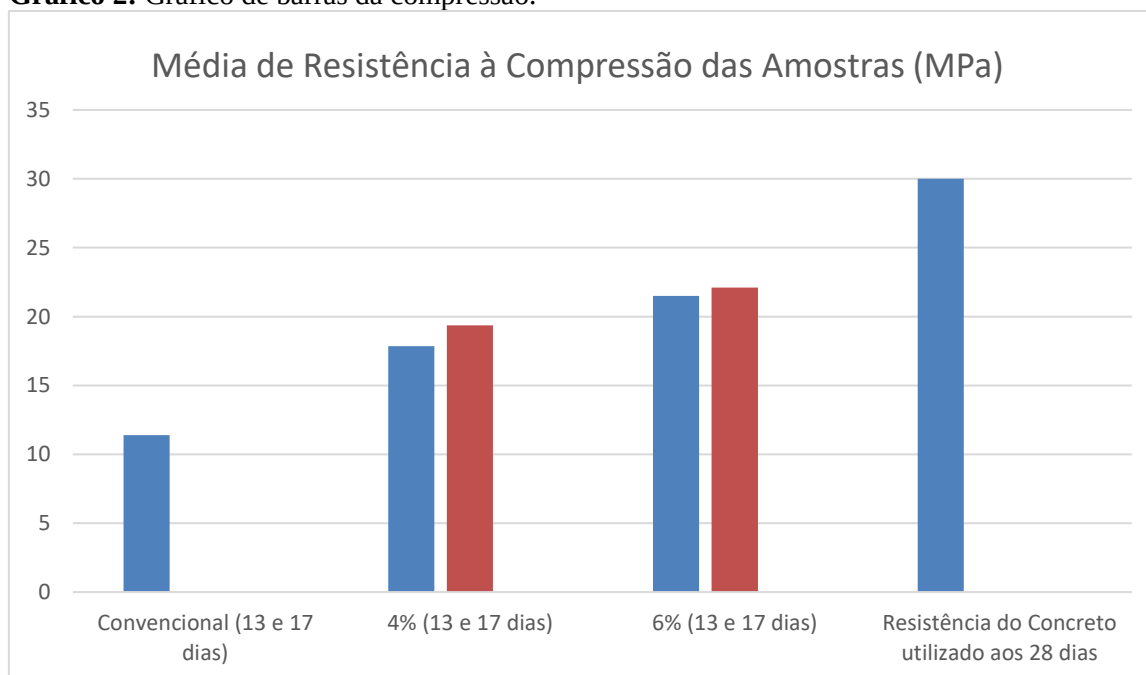
Quadro 4: Resistência à Compressão Axial.

Dosagem	Idade	Resistência Cps (MPa)			Média (MPa)
		1	2	3	
A1 (0%) (amostra de 17dias comprometida)	13 dias	11,3	12,0	10,9	11,4
	17 dias	6,2	6,0	5,5	5,7
A2 (4%)	13 dias	12,8	14,1	15,8	14,23
	17 dias	18,5	19,1	20,5	19,36
A3 (6%)	13 dias	21,8	21,6	21,1	21,5
	17 dias	23,3	21,9	21,1	22,1

Fonte: Autor (2022).

Ao analisar a Quadro 4 é possível perceber que as amostras contendo adições de fibra tiveram um aumento de resistência a compressão axial. As resistências nas amostras sem adição de fibras não obtiveram os resultados esperados, por se tratar do uso de um concreto de resistência a compressão de 30 MPa conforme a dosagem utilizada. Conforme o Gráfico 2.

Gráfico 2: Gráfico de barras da compressão.



Fonte: Autores (2022).

Ao comparar as amostras com adição de 4% de fibras com o concreto convencional, notou-se um acríve de aproximadamente 57% em média ao valor de resistência aos 13 dias, e chegando



até 69% aos 17 dias, os corpos de prova com adição de 4% de fibras de Politereftalato de Etileno.

Ao comparar as amostras com adição de 6% de fibras com o concreto convencional, notou-se um acréscimo de aproximadamente 88% em média ao valor de resistência aos 13 dias, chegando até 94% aos 17 dias, os corpos de prova com adição de 6% de fibras de Politereftalato de Etileno.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo da pesquisa foi analisar a possibilidade de se utilizar um concreto com adição de fibras de Politereftalato de Etileno comparado com um concreto convencional com resistência de 30 Mpa. Esperava-se que o concreto com adição de fibras atingisse essa resistência para que ele pudesse ser utilizado. Entretanto o objetivo não foi alcançado no traço testado, chegando a uma resistência a compressão máxima de 23,3Mpa.

Mesmo não obtendo os resultados esperados, é deixada a oportunidade para novos estudos. Como por exemplo utilizar a maior quantidade de teor de adição das fibras com a mesma geometria utilizada por este estudo, para a verificação da resistência à compressão.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738 (2015) - Procedimentos Para Moldagem e Cura de Corpos de Prova.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739 (2018) – Ensaio de Compressão Em Corpos de Prova Cilíndricos.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7215 (1997) – Cimento Portland – Determinação de Resistência a Compressão.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7222 (2011) – Método Para Determinação da Resistência a Tração Por Compressão Diametral de Corpos de Prova.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7217 (1987) – Agregados – Determinação da Composição Granulométrica.**



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7211 (1983) – Agregados Para Concreto.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9939 (2011) – Unidade Total de Agregado Graúdo.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 1265 (2006) – Concreto de Cimento Portland.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 67 (1998) – Método Para Determinação da Consistência do Concreto de Acordo Com Seu Assentamento.**

BALBO, J. T., 2009. **Pavimentos de Concreto**, 1. ed. São Paulo – SP – Brasil: Editora Oficina de Textos.

GARCIA, Eloísa EC. **Nanocompósitos: Novas opções em materiais de embalagem.** *Boletim de tecnologia e desenvolvimento de embalagem*, v. 15, n. 1, p. 6, 2003

BUDINSKI, K.G. **Engineering materials, properties and selection.** 5ed. New Jersey: Prentice Hall International, 1996, 653p.

JOHNSTON, C. D. **Fibre-reinforced cement and concrete.** In: V. M. Malhotra. *Advances in concrete technology.* 2 ed. V. M. Malhotra, Ottawa, 1994. p. 603-673.

AMBIENTE BRASIL. **A reciclagem do PET no Brasil.**

HANNANT, L. **Polymers and polymers composities.** In: J.M. ILLSTON. *Construction materials: their nature and behavior.* 2ed., London: J.M. Illston/E & FN Spon, p.359-403, 1994.

QUADROS P.A; **Estudo das correlações entre as propriedades mecânicas do concreto,** Belo Horizonte, 2014.

METHA, P. K. & MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: Pini, 1994.

MEDEIROS, M. H. F. **A corrosão de armaduras sob a ação de íons cloreto em relação à capacidade de proteção de alguns cimentos nacionais com adições pozolânicas.** *Congresso Iberoamericano de Patologia das Construções e VII Congresso de Controle de Qualidade.* Anais; Montevideo, 1999. v.1. p. 500-506.



CASTRO, E. **Estudo da resistência a compressão do concreto por meio de testemunhos de pequeno diâmetro e esclerometria.** Tese (Mestrado em engenharia civil). Universidade federal de Uberlândia. Uberlândia. P.56.

TAGLIANI, Simone. **Inovação e sustentabilidade: como as garrafas PET estão servindo de insumo para a construção civil: Construção civil ecológica.** 2017.

DA SILVA RODRIGUES, Nara Caroline et al. **Fibra de PET na produção de concretos. Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 15, n. 3, p. 207-211, 2018.

BENTUR, A.; MINDESS, S. **Fibre reinforced cementitious composites.** United Kingdom. Elsevier, 1990.

FIGUEIREDO, A. D.; TANESI, J.; NINCE, A. A. **Concreto com fibras de polipropileno. Técnica**, São Paulo, v. 10, n. 66, 2002.

ABIPET. Associação Brasileira da Indústria do PET. **Décimo censo da reciclagem de PET no Brasil(2019).**

ZHENG, Zhihong; FELDMAN, Dorel. **Synthetic fibre-reinforced concrete. Progress in Polymer Science**, v. 20, n. 2, p. 185-210, 1995.

SANTOS, L. G. **Concreto e Construções** 2009.

MEZZARI, Lino João. **Capacitação tecnológica através da relação com fornecedores de fibras sintéticas.** 2001. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.