

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL
TÚLIO FONSECA PATRÍCIO

ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE MATERIAL POLIMÉRICO NA FABRICAÇÃO DE
CONCRETOS

FORMIGA
2018

TÚLIO FONSECA PATRÍCIO

ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE MATERIAL POLIMÉRICO NA FABRICAÇÃO DE
CONCRETOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG,
como requisito para obtenção do título de bacharel
em Engenharia Civil.
Orientador: Prof. Esp. Lauremia Soares da Silva

FORMIGA – MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UNIFOR-MG

P314 Patrício, Túlio Fonseca.
Adição de resíduos de material polimérico na fabricação de concretos /
Túlio Fonseca Patrício. – 2018.
41 f.

Orientadora: Lauremia Soares da Silva.
Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro
Universitário de Formiga - UNIFOR, Formiga, 2018.

1. Concreto. 2. Sustentabilidade. 3. Resíduos de Poliestireno. I. Título.

CDD 624.1834

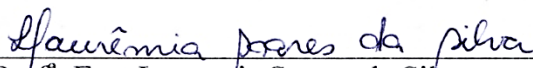
Catalogação elaborada na fonte pela bibliotecária
Regina Célia Reis Ribeiro – CRB 6-1362

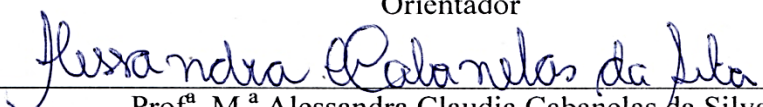
TÚLIO FONSECA PATRÍCIO

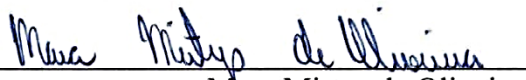
ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE MATERIAL POLIMÉRICO NA FABRICAÇÃO DE
CONCRETOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG,
como requisito para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a Esp. Lauremia Soares da Silva
Orientador


Prof.^a M.^a Alessandra Claudia Cabanclas da Silva
UNIFOR- MG


Mara Mirtys de Oliveira
Engenheira Civil

Formiga, 09 de Novembro de 2018.

Agradecimentos

Agraço primeiramente a minha mãe Jeane que sempre me aconchegou nos momentos difíceis e nunca me deixou desistir desse sonho de ser Engenheiro Civil.

Aos meus irmãos Lorena e Tales, que sempre foram um exemplo de determinação a ser seguido, e que me mostraram que se você quer, você consegue realizar tudo.

A minha noiva, pelo carinho, apoio, dedicação, e que sempre me ajudou durante esses 5 anos de luta. Juntos vencemos essa batalha e nos tornamos Engenheiros.

Aos amigos de sala pela amizade construída, pelos momentos felizes e pelas raivas que passamos juntos. Sentirei uma enorme falta de vocês.

Aos professores que passaram pela minha vida durante o curso, por todos ensinamentos e lições de vida demonstrados.

Em especial agradeço ao meu professor Michael Thebaldi, pelo empenho e dedicação para me ajudar com a elaboração desta pesquisa, em quanto estive no Unifor. E a minha orientadora Lauremia Soares, que me acolheu com o carinho de uma mãe, me ajudando a concluir esse trabalho.

RESUMO

Sendo a construção civil a maior responsável pela degradação ambiental, a busca por materiais alternativos neste setor é de suma importância, a fim de reduzir o uso de recursos naturais e o impacto ambiental causados devido o descarte impróprio de resíduos. Outra preocupação, seria no ponto de vista financeiro, já que materiais reciclados adicionados concretos convencionais podem gerar um custo menor, sendo assim um produto mais viável economicamente. Desta maneira, o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade técnica do uso de resíduos provenientes de gabinetes de aparelhos de Tv's de led sucateados, sendo usados como material aditivo no concreto. Essa adição teve a proporção de 0, 5, 10 e 15% para os 12 corpos de prova confeccionados. Foi analisada a consistência do concreto em seu estado fresco e no estado endurecido; foi efetuado o teste da massa específica do concreto úmido e a resistência a compressão do concreto com idade de 28 dias. A consistência mostrou-se maior nos concretos com adição, se mostrando um concreto um pouco menos trabalhável. Já os resultados da resistência a compressão se mostrou satisfatório por não mostrar uma variação importante se comparado ao concreto convencional. Portanto, a adição de resíduos de PS alcançou resultados positivos, tanto técnicos quanto ecológicos. Entretanto, sua execução deve ser estudada mais a fundo, não sendo indicado para fins estruturais.

Palavras-chave: Concreto. Sustentabilidade. Resíduos de Poliestireno

ABSTRACT

As civil construction is most responsible for environmental degradation, the search for alternative materials in this sector is of paramount importance in order to reduce the use of natural resources and the environmental impact caused due to improper waste disposal. Another concern would be in the financial point of view, since recycled materials added concrete conventional can generate a lower cost, thus being a more economically viable product. In this way, the objective of this work is to analyze the technical feasibility of the use of residues from cabinets of apparatus of scattered LED TVs, being used as additive material in the concrete. This addition had the proportion of 0, 5, 10 and 15% for the 12 prepared specimens. The consistency of the concrete in its fresh and hardened state was analyzed; the specific mass of the wet concrete and the compressive strength of the concrete at the age of 28 days were tested. The consistency was shown to be higher in the concretes with addition, if a slightly less workable concrete was shown. However, the results of the compressive strength proved to be satisfactory because it did not show an important variation when compared to conventional concrete. Therefore, the addition of PS residues has achieved positive results, both technical and ecological. However, its execution must be studied further, not being indicated for structural purposes.

Keywords: Concrete. Sustainability. Polystyrene waste

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Ensaio de abatimento de tronco de cone (slump-test).....	18
Figura 2- Tampas de televisores sucateados.....	26
Figura 3-- Processo de seccionamento utilizando uma picadora agrícola	26
Figura 4-Resíduos Poliméricos seccionados	27
Figura 5-Adição de resíduo de Poliestireno ao concreto convencional.....	29
Figura 6-Realização do teste de abatimento do tronco de cone (slump test).....	31
Figura 7- Cura dos corpos de prova com diferentes porcentagens de adição de poliestireno.	32
Figura 8-Aferição da altura.....	33
Figura 9- Aferição do diâmetro	33
Gráfico - 1 Abatimento do tronco de cone obtido com diferentes adições de resíduos de poliestireno	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tipo de cimentos.	15
Tabela 2- Material utilizado para confecção dos corpos de prova de concreto.....	29
Tabela 3- Resultados encontrados de massa específica.....	36
Tabela 4- Resultados do teste de compressão simples ao 28 dias	37
Tabela 5- Resumo da ANOVA para resistência à compressão de concretos com a adição de diferentes porcentagens de resíduo de PS.	37
Tabela 6- Resistencia média obtida	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABIPLAST - Associação Brasileira Da Industria Do Plástico

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR- Norma Brasileira Regulamentadora

PET - Tereftalato de Etileno

PS – Poliestireno

PVC – Policloreto de Polivinila

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	OBJETIVOS	13
2.1.	Objetivo geral.....	13
2.2.	Objetivos específicos.....	13
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1.	Concreto.....	14
3.2.	Reações químicas de formação	17
3.3.	Propriedades do concreto fresco	17
3.4.	Propriedades do concreto endurecido	19
3.5.	Construção civil e o meio ambiente.....	21
3.5.1.	Sustentabilidade.....	22
3.6.	Adição de materiais reciclados de Poliestireno ao concreto	23
4.	MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1.	Preparação dos moldes para corpo de prova	27
4.2.	Produção do concreto	28
4.3.	<i>Slump test</i>	30
4.4.	Confecção dos corpos de prova	31
4.5.	Cura do concreto.....	31
4.6.	Aferição da dimensão dos corpos de prova	32
4.7.	Massa específica dos corpos de prova úmidos	34
4.8.	Resistência a Compressão	34
4.9.	Análise estatística.....	35
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
6.	Conclusão.....	39
	REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia é primordial para o desenvolvimento da sociedade, seja pelo modo econômico ou social. Porém, atualmente, o consumismo é um fator alarmante em questões ambientais. Aparelhos eletrônicos são fabricados em grande escala, e tem sua vida útil reduzida, gerando grandes quantidades de resíduo, sendo um deles o Poliestireno encontrado em carcaças de TV's. Dado este fato, é crescente o número de pesquisas para reutilização desses resíduos poluentes.

Já na construção civil, são utilizadas grandes quantidades de recursos naturais, o que gera também um grande impacto ambiental. Desta forma, existe cada vez mais a busca por medidas sustentáveis. A adição de resíduos, oriundos de aparelhos eletrônicos ao concreto convencional, é uma técnica que associa esses dois problemas, buscando amenizar esses dois fatores ambientais.

Outros tipos resíduo já foram estudados como materiais alternativos, na tentativa de viabilizar o custo do concreto e com pensamento no lado ecológico. Diante do exposto, o presente trabalho visa analisar a viabilidade técnica do concreto com a adição de Poliestireno retirado de carcaças de TVs sucateadas, verificando sua consistência, sua massa específica e sua resistência.

Desta maneira, o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade técnica do uso de resíduos provenientes de gabinetes de aparelhos de Tv's de led sucateados, sendo usados como material aditivo no concreto. Essa adição teve a proporção de 0, 5, 10 e 15% para os 12 corpos de prova confeccionados. Foi analisada a consistência do concreto em seu estado fresco e no estado endurecido; foi efetuado o teste da massa específica do concreto úmido e a resistência a compressão do concreto com idade de 28 dias

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar a viabilidade técnica da utilização de resíduos de poliestireno, provenientes de televisores de Led sucateados, como componente aditivo em concreto convencional.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a trabalhabilidade do concreto produzido com diferentes porcentagens de adição de resíduos de poliestireno.
- Determinar a massa específica com diferentes dosagens de resíduos de poliestireno nos corpos de prova; e
- Analisar a resistência a compressão do concreto com diferentes adições de resíduos de poliestireno.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Concreto

O concreto é considerado o material mais utilizado na história da humanidade. Aplicado desde em pequenas obras a construções mais complexas, possui baixo custo e fácil trabalhabilidade se comparado aos demais materiais da construção civil, como o aço e a madeira. Outro fator relevante é sua resistência à água, e o fato de que seus componentes são de fácil acesso em vários lugares do mundo (GALVÃO, 2003).

Segundo Neville (2016), o concreto é composto por cimento, material aglomerante hidráulico, agregados graúdos e miúdos, brita e areia respectivamente, e água. Esses materiais seguem uma proporção calculada, chamada de traço ou dosagem. O cimento ao entrar em contato com a água, se transforma em uma pasta que se fixa aos agregados, formando uma mistura homogênea e de fácil manuseio. Posteriormente, o concreto passa por um período de endurecimento, denominado pega, formando uma peça com alta resistência a compressão. Em entre outros motivos.

Diferente dos outros materiais, a utilização do concreto demanda menor consumo de energia em seu processo de fabricação, podendo ainda serem acrescentados materiais reciclados de obras e indústrias, substituindo parte de seus componentes aglomerantes ou agregados. Estes fatores tornam o uso do concreto mais atraente em um mundo que tem cada vez menos recursos naturais (GALVÃO, 2003).

3.1.1. Cimento

Para a obtenção de um concreto com qualidade satisfatória, há uma dependência da qualidade de seus componentes (PETRUCCI, 1998). Dentre os constituintes do concreto, cada um tem sua finalidade. Dos elementos que formam o concreto, o principal é o cimento. Apesar dos agregados influenciarem nas propriedades do concreto, o elemento aglomerante precisa de total atenção, por ser produzido de modo industrial e necessitar de um controle de qualidade para seu uso (GALVÃO, 2003).

O uso de materiais cimentícios na construção civil não é uma técnica atual, pois já foi constatado que os egípcios utilizavam uma espécie impura de gesso no interior das pirâmides. Gregos e Romanos faziam o uso de calcário calcinado, e com o tempo descobriram que ao adicionar fragmentos de rochas, areia e água, essa mistura se transformava em um material moldável e resistente após enrijecido, originando assim o primeiro concreto do mundo (NEVILLE, 2016).

Para a obtenção do cimento, aquece-se a rocha de calcário em conjunto da argila, até ocorrer o fenômeno da sinterização, formando o clínquer de cimento. Em seguida, esta mistura é moída, até obter um produto de fina textura (LEONHARDT; MÖNNIG, 2008). A norma NBR 16697 (ABNT, 2018) apresenta que no processo de moagem, pode-se adicionar em teores específicos, materiais pozolânicos, escórias de alto-forno entre outros para assim aumentar seu volume. Segundo Neville e Brooks (2010), os tipos de cimentos existentes são mostrados na TAB 1 :

Tabela 1- Tipo de cimentos.

Tipo de cimento	Utilização
Tipo I -Cimento Portland Comum	É o mais utilizado onde não ocorra exposição a sulfatos no solo ou água no subsolo. Constituído por 95-100% de clínquer e 0-5% de materiais secundários, com características cimentícias.
Tipo II- Cimento Modificado	Possui uma taxa de liberação de calor maior e tem ganho de resistência parecido o tipo I. Esse tipo de cimento é recomendado onde pode aceitar um ataque por sulfatos moderado, e é recomendado onde deseja-se obter um calor de hidratação adequado. Foi alterado nos Estados Unidos e não está disponível no Reino Unido.
Tipo III- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	: Como o nome cita, é utilizado quando a retirada das formas deve ser antecipada, pois esse cimento tem como propriedade principal adquirir alta resistência em menos tempo. Possui um teor maior de silicatos tricálcico ($3CaO.SiO_2$) e é mais fino que o Tipo 1. Não é recomendado sua utilização em estruturas grandes, devido liberação de calor acelerada. O custo é maior que o cimento Portland comum.
Tipo IV- Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação:	Esse cimento tem o desenvolvimento de resistência mais demorado que o tipo I, contudo essa propriedade não altera a resistência final da estrutura. Elaborado para construções de grandes barragens de gravidade.
Tipo V- Cimento Resistente aos Sulfatos	Esse tipo cimento possui resistência aos ataques dos sulfatos, pois possui baixo teor de aluminatos tricálcico ($3CaO.Al_2O_3$). Sua vantagem é que o calor gerado pela hidratação do cimento não é tão elevado comparado ao cimento de baixo calor de hidratação. Seu custo, porém, é consideravelmente maior devido a sua matéria prima especial, fazendo seu uso especificado em casos de real necessidade.
Cimentos Portland de Alta Resistência Inicial Especial	Utilizado em casos de reparos de estruturas onde exige rapidez na cura. O tempo de pega é de 1 a 30 minutos. Sua desvantagem é o elevado custo, mas é aceitável quando essa resistência inicial elevada é necessária.
Tipo IS- Cimento Portland de Alto Forno	Obtido no processo da moagem de clínquer Portland com escória de alto forno. Essa escória é um resíduo da fabricação do ferro-gusa, e é adicionada para dar volume ao cimento sem que o mesmo perca suas propriedades. Contém o oxido de cálcio, sílica e alumina, porém em proporções menores que a do cimento Portland. Utilizadas em obras de água de mar, pois são resistentes aos sulfatos.
Tipo IP, P e I(PM) – Cimento Portland Pozolânico:	Sua obtenção é através da adição da pozolana na moagem do clínquer de Portland. A pozolana é um material de origem silicosa com pouco valor cimentício, mas ao ser hidratado, reage quimicamente com a cal que é liberada na hidratação do cimento, obtendo compostos de propriedades cimentícias. Possui um ganho de resistência mais lento, exigindo um tempo de cura maior. A cinza volante silicosa é um tipo de pozolana. Esse cimento é largamente utilizado em concretos compactados com rolo. Suas vantagens é a hidratação lenta que proporciona boa resistência química.
Cimentos Brancos e Coloridos	Os cimentos brancos estão menos sujeitos a manchas, pois tem baixo teor de álcalis. As cores são obtidas através da adição de pigmentos na betoneira durante a mistura dos componentes. Usado para fins arquitetônicos.

Fonte: Adaptado de Neville e Brooks (2010).

3.1.2. Agregados

Compondo cerca de $\frac{3}{4}$ do volume total do concreto, a qualidade dos agregados é de suma importância. Considerado um material barato, inicialmente sua aplicação era com a finalidade dar corpo a mistura, e reduzir o consumo de cimento. Posteriormente, foi observado que suas propriedades físicas influenciam diretamente na qualidade do concreto (NEVILLE, 2016).

É chamado de agregado todo material granular, sendo areia, brita, pedregulho, escória de alto forno, e além de resíduos de construção e demolição. Essas partículas são divididas em duas categorias, sendo denominado agregado graúdo os grãos que possuem granulometria maior que 4,75mm. Caso contrário, é denominado agregado miúdo (PEDROSO, 2009).

Podem ser extraídos naturalmente em rios ou barrancos, areias e pedregulhos, ou artificialmente por fragmentação ou trituração de materiais extraídos, como britas e areias artificiais (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2011).

3.1.3. Água de amassamento

A água possui papel fundamental na mistura do concreto. Como o cimento é um aglomerante hidráulico, ao ser hidratado ocorre uma reação química que acarreta em seu endurecimento. Sendo assim, é denominada “água de amassamento” toda água utilizada no traço de concreto. A relação entre o peso do cimento e o da água no traço do concreto chama-se fator água/cimento (a/c) (MODRO, 2008).

De acordo com Petrucci (1998), a água usada no amassamento do concreto não deve conter impurezas que possam vir a prejudicar as reações entre ela e os compostos do cimento.

3.1.4. Aditivos

Em alguns casos se faz necessário o uso de aditivos na fabricação de concretos. São produtos acrescentados ao concreto durante seu preparo, com a função de potencializar o seu desempenho. Existem vários tipos de aditivos, sendo os mais utilizados os plastificantes, que facilitam a trabalhabilidade do concreto, e os aceleradores e retardadores de pega, que admitem regular o período do manuseio do concreto acelerando ou retardando seu endurecimento (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2011).

3.2. Reações químicas de formação

Para que esteja apto a receber o carregamento, o concreto passa por várias etapas até estar totalmente enrijecido, e assim atingir sua resistência a compressão adequada. Para que o cimento consiga se fixar aos agregados, ele necessariamente passa por um processo químico denominado hidratação (NEVILLE,2016).

Segundo o mesmo autor, o cimento é composto por calcário e argila, sendo na argila onde são encontrados os constituintes responsáveis para que ocorra a reação de hidratação: os silicatos e os aluminatos. O cimento possui dois silicatos: silicato dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) e silicato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) e dois aluminatos: aluminato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) e ferroaluminato tetracálcico ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$).

Para Carvalho (2002), a hidratação do cimento pode ser vista como o somatório de todas as reações dos compostos individuais do cimento, sendo que estas reações acontecem ao mesmo tempo, proporcionando uma sobreposição e interação entre cada uma delas. Os produtos formados em sua maioria são os silicatos de cálcio hidratado (CSH), que começam a formar um esqueleto microestrutural. A formação dessa microestrutura ocorre pelo aumento progressivo de hidratos formados dentro do esqueleto poroso. A medida que se desenvolve mais CSH a mistura ganha resistência.

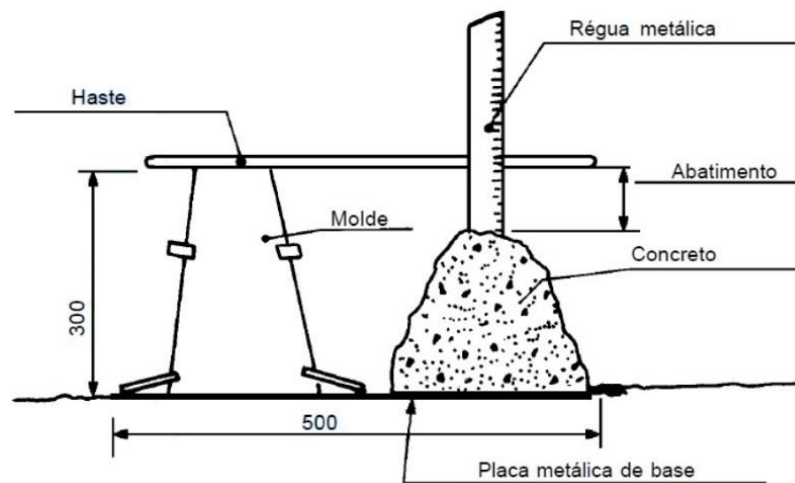
3.3. Propriedades do concreto fresco

Para adquirir um concreto de qualidade satisfatória e alto desempenho em seu estado enrijecido, deve-se levar em consideração as propriedades do concreto no seu estado fresco. O objetivo do modo de preparação correto do concreto é a obtenção de um material sólido com resistência satisfatória e poucos espaços vazios. Para isso, no concreto fresco são observadas suas principais propriedades. (CARVALHO; FIGUEIRO FILHO, 2016). Dentre elas, destacam-se a consistência, a trabalhabilidade e a homogeneidade.

A consistência, que corresponde a capacidade que o concreto fresco tem de deformar-se. Esta diretamente relacionada ao transporte, lançamento e modo de adensamento. Em geral varia com a porção de água usada, granulometria de seus agregados e a presença de produtos químicos. Em elementos com alta taxa de armadura, deve-se usar um concreto com menor consistência, devido a maior dificuldade de adensamento. Em casos de pequenas edificações, que demandam menor taxa de armadura, deve-se usar um concreto mais consistente e, em princípio, menor quantidade de água (CARVALHO; FIGUEIRO FILHO, 2016).

De acordo com os mesmos autores, o modo de medir a consistência é através do ensaio de abatimento de tronco de cone, também conhecido como *Slump-test*. Esse ensaio é feito pelo abaixamento que uma porção predeterminada de concreto, introduzida em um molde metálico de forma tronco cônica, terá quando o molde for retirado. Essa diferença da deformação vertical é conhecida como abatimento ou *slump*. A concepção deste ensaio pode ser vista na FIG. 1:

Figura 1- Ensaio de abatimento de tronco de cone (slump-test)



Fonte: Adaptado da NBR NM 67 (1998)

Outra propriedade do concreto fresco, a trabalhabilidade, é definida por Petrucci (1998) como a mais importante propriedade do concreto fresco. Consiste na facilidade em manusear o concreto, mantendo sua homogeneidade, desta forma, podendo ser misturado, transportado, lançado e adensado mais facilmente, sem que ocorra segregação, separação de seus componentes, e exsudação, quando a água migra para a parte superior do concreto recém-lançado, dificultando o processo de cura.

Segundo Helene e Andrade (2007), estão ligados a estes fatores a relação água/materiais secos, tipo e consumo de cimento, traço, teor de argamassa, forma, textura e granulometria dos agregados.

Para Petrucci (1998) existem dois tipos de fatores que influenciam na trabalhabilidade sendo estes internos: a consistência, a proporção de agregados miúdos e graúdos e seus respectivos formatos, além dos aditivos que geralmente interferem na trabalhabilidade, como os plastificantes. Já os fatores externos são o modo de preparo, sendo manual ou mecanizado; o tipo de transporte, podendo ser vertical ou horizontal, por guinchos, calhas ou bombas; o lançamento, de pequena ou grande altura; o modo de adensamento; manual ou vibratório, e as dimensões e armaduras das peças que serão executadas.

Para uma homogeneidade satisfatória, é necessário que haja uma organização dos agregados graúdos na mistura do concreto. Sendo que, quanto mais uniformes forem distribuídos, de maneira que sejam envoltos pela pasta, para que não haja desagregação, melhor será a qualidade do concreto. Durante o processo de fabricação, pode se obter essa propriedade através de uma boa mistura do concreto, um transporte cauteloso até o local da obra, e tomar os devidos cuidados em seu lançamento e posteriormente em seu adensamento (CARVALHO; FIGUEREDO FILHO, 2007).

3.4. Propriedades do concreto endurecido

O processo de endurecimento do concreto ocorre a partir do início da pega, etapa onde a massa começa a enrijecer, passando do estado fluido para o estado sólido, assim deixando de ser trabalhável (NEVILLE, 2016).

Segundo Magalhães (2013), as propriedades do concreto endurecido podem variar de acordo com a idade e as condições nas quais é submetido. O concreto neste estado apresenta distintas características, podendo destacar-se: a massa específica, a resistência a compressão e a tração, retração, expansão, fluência, deformação imediata, durabilidade, permeabilidade

Petrucci (1998) cita que a massa específica, geralmente é o peso da massa, incluindo os vazios. O concreto endurecido é categorizado através de sua massa específica, como (MAGALHÃES, 2013):

- Concreto Normal: quando ocorre a secagem em estufa, apresenta massa específica entre 2000 e 2800 kg/m³;
- Concreto leve: quando ocorre a secagem em estufa, apresenta massa específica entre 800 e 2000 kg/m³; e
- Concreto pesado: quando ocorre a secagem em estufa, apresenta massa específica superior a 2800 kg/m³.

A resistência mecânica pode ser determinada como a capacidade de um material suportar a aplicação de uma determinada carga, sem que venha a ocorrer seu rompimento. Sendo está uma das propriedades principais do concreto em seu estado endurecido (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Para Carvalho e Figueiredo Filho (2007), a resistência é analisada por meio de ensaios em que se aplicam cargas em corpos de provas até o colapso do mesmo. Os principais fatores

que podem alterar a resistência aos esforços mecânicos do concreto são a relação água/cimento, idade do concreto, forma e graduação dos agregados, tipo e consumo de cimento entre outros (MAGALHÃES, 2013).

A característica essencial do concreto é sua resistência a compressão simples, denominada f_c na qual é verificada pelo ensaio de corpos de provas sujeitos à compressão centrada, esse ensaio permite também a obtenção de outras características, como módulo de deformação longitudinal (CARVALHO; FIGUEREDO FILHO, 2007).

Esta resistência ocorre em função do processo de hidratação do cimento, sendo este relativamente lento. As especificações e ensaios de resistência são fundamentados em corpos de prova curados em circunstâncias específicas de umidade e temperatura por 28 dias (HELENE; TERZIAN, 1992).

Segundo o mesmo autor, a resistência à compressão, obtida por ensaio de aplicação de carga de maneira rápida, é demonstrada na Equação 1:

$$f_{cj} = \frac{N_{RUP}}{A} \quad (1)$$

em que:

f_{cj} - resistência a compressão do corpo de prova na idade de (j) dias;

N_{rup} – carga de ruptura do corpo de prova;

A – área da seção transversal do corpo de prova

Diferentemente da compressão, a resistência a tração não é levada em conta nos projetos estruturais, por ser praticamente desconsiderada no concreto, apesar de sua influência sobre fissuração, resistência ao cisalhamento e ancoragem de armaduras (SANTOS, 2009).

Ainda segundo o mesmo autor, outra propriedade do concreto em seu estado endurecido é a retração, considerada uma deformação volumétrica que não varia de acordo com a carga, mas sim com a perda de água que ocorre durante a “pega” do concreto. Tal perda causa vazios capilares, provocando fissuras, que podem ser evitadas com a utilização de armaduras adequadas. Uma maneira de amenizar os efeitos da retração, é manter encharcada a peça recém concretada.

Já a expansão é o processo inverso, caracterizada pelo aumento do volume das peças estruturais. No processo de hidratação, observa-se primeiramente a retração química da massa.

Posteriormente, tensões causadas pelo fluxo de água no sentido contrário, sobrepõem a retração causando expansão (PINHEIRO et al., 2010). Ocasionalmente pela absorção de água pelos vazios originários da retração química e do mal adensamento do concreto em seu preparo mecânico, ocorrendo em peças submersas em água (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2004).

Outra propriedade é a fluência, que pode ser caracterizada como um aumento contínuo da deformação devido a presença de uma carga permanente ao longo de um determinado período, podendo sofrer influência pela existência de outras deformações como a retração. A ocorrência da fluência está diretamente associada a saturação da pasta e a sua porosidade, que por sua vez está associada a relação água/cimento (VERZEGNASSI, 2015).

Para Pinheiro et al. (2010), deformação imediata é aquela notada na ocasião da aplicação da carga. Corresponde ao comportamento do concreto como sólido verdadeiro e ocorre por uma organização interna dos cristais que o formam.

A durabilidade pode ser definida como a capacidade do concreto em cumprir suas funções, conservando a resistência adequada às condições de uso e suportando o processo de desgaste durante o tempo determinado em projeto ou uma vida útil esperada (NEVILLE, 2016).

De acordo com o mesmo autor, para ser considerável durável, o concreto deve ser impermeável e sem a presença de poros, já que estes são condutores de água e de agentes corrosivos para o interior do concreto, ao contrário, na existência de água em contato com a armadura, pode haver o seu comprometimento, ocorrendo o processo de corrosão da mesma.

3.5. Construção civil e o meio ambiente

Impacto ambiental pode ser definido como qualquer mudança ou efeito sobre o ecossistema, provocados diretamente por uma ação humana (SÁNCHEZ, 2008).

Não há nenhum material, que durante seu ciclo de vida útil, da extração de matéria-prima até o descarte quando inutilizável, que não cause impacto ambiental. (AGOPYAN; JOHN, 2011).

O ramo da construção civil é considerado um dos principais contribuintes para o desgaste ambiental. Quantidades imensuráveis de resíduos são geradas nos canteiros de obras e utiliza-se uma grande demanda de recursos naturais. Sendo assim, sabe-se que com a racionalização, uma grande parte da produção dos resíduos é evitada (FURUKAWA; CARVALHO, 2011).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, com o intuito de diminuir a degradação provocada pela construção civil, surge o paradigma da construção sustentável. A utilização de

resíduos reciclados e aproveitados de outros setores está cada vez mais presente, de modo a minimizar a degradação dos recursos naturais e evitar o descarte incorreto dos mesmos.

A construção civil hoje em dia está em intenso crescimento no Brasil e no mundo, vem desenvolvendo e empregando novas tecnologias, métodos de gestão e planejamento, novos materiais, elementos e técnicas construtivas, com finalidade de otimizar a construção, gerando menor custo, menos desperdício, melhoria sucessiva dos métodos construtivos e menor tempo na execução das obras (GALVÃO JUNIOR, 2009).

3.5.1. Sustentabilidade

O termo de sustentabilidade é proveniente do debate sobre o desenvolvimento sustentável, no qual teve início na primeira Conferência Internacional das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano (United Nations Conference on the Human Environment), ocorrida em 1972 em Estocolmo. O conceito de desenvolvimento sustentável remete ao modo de desenvolvimento que tem como propósito o alcance da sustentabilidade. Ele aborda o processo de conservação do equilíbrio entre a disposição do ambiente e as demandas por igualdade, prosperidade e qualidade de vida da sociedade (CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2008).

O conceito de sustentabilidade na engenharia civil vem crescendo a cada dia, pois aumenta a atenção com meio ambiente, reaproveitamento da matéria prima, reciclagem quando possível de materiais, assim diminuindo o desperdício, maior utilização de energia renovável e menos poluição (GALVÃO JUNIO, 2009).

Segundo Corrêa (2009), o ramo da construção civil deve comprometer-se cada vez mais. As empresas precisam mudar sua forma de produção e gerenciamento de suas obras. Devem criar uma agenda de incorporação progressiva de sustentabilidade, procurando, em cada obra, respostas que sejam economicamente eficazes e viáveis para o empreendimento.

Galvão Junior (2009) cita que para a execução de uma obra sustentável, precisa-se adequar a mesma ao local e deve-se levar em consideração os 4 elementos principais da natureza, sendo eles: terra, água, ar e fogo. O elemento terra está relacionado diretamente aos materiais utilizados, sua disposição na região, e a necessidade de sua reciclagem. A água é lembrada no fato da preocupação da preservação e a reutilização deste importante elemento. O ar tem relação ao fato que a construção deve evitar ao máximo a emissão de poluentes internos e externos, o projeto de ventilação dos ambientes, e a utilização deste elemento como uma maneira de gerar energia. O fogo refere-se diretamente no uso de energia consciente, tanto na

questão de iluminação natural dos imóveis diminuindo o uso de energia elétrica, como também na utilização deste elemento na geração de energia.

Rodrigues et al (2017) cita que na prática de uma obra sustentável, existem algumas diretrizes que podem ser seguidas, como:

- Planejamento do ciclo de vida útil da edificação – a obra deve ser econômica, possuir uma longa vida útil e priorizar constituintes que possam ser reciclados e reutilizados no término de sua vida útil;
- Aproveitamento dos recursos naturais – como vento, sol, vegetação, umidade entre outros, promovendo o conforto dos usuários da edificação e a integração da habitação com o entorno, prezando a economia de recursos como água e energia;
- Eficiência Energética – Optar pelo uso de energia renováveis e sistemas a utilização de sistemas que reduzem o consumo de energia e climatização do ambiente. Procurar métodos de reutilização de energias geradas pela edificação;
- Eficiência na gestão e uso de água – economizar, tratar localmente, e reciclar a água, além de fazer a captação de água da chuva para a reutilização da mesma;
- Prover saúde e bem-estar aos moradores e preservar o meio ambiente;
- Utilizar materiais que não prejudiquem o meio ambiente, saúde dos ocupantes e que colaborem para promover um costume de vida sustentável e a consciência ambiental individual;
- Minimizar a geração de resíduos
- Criação de ambientes com qualidade superior, que reforcem a qualidade atmosférica do ar.

3.6. Adição de materiais reciclados de Poliestireno ao concreto

O uso de materiais reciclados cada vez se faz mais necessário, sendo pela diminuição de impactos ambientais ocasionados ou no auxílio para redução de custos (PIETROBELLI, 2010).

Para Jardim (2016), esses materiais podem ser derivados de resíduos da construção civil, moagem de garrafas PET, reciclagem de aparelhos eletrônicos, rejeitos cerâmicos, entre outros. A utilização desses materiais propõe-se a melhoria das propriedades do concreto como: trabalhabilidade, resistência à tração e/ou resistência à compressão.

Essa reutilização é considerada um processo recente. Porém, é de suma importância a realização de pesquisas e testes práticos, por serem inegáveis os benefícios que este método proporciona (GONÇALVES 2001).

Um dos resíduos mais impactantes para o meio ambiente é o plástico, pois sua decomposição ocorre de maneira lenta, podendo durar centenas de anos (CUCCATO, 2014).

Os plásticos são polímeros, compostos pela junção de extensas cadeias moleculares, intituladas de macromoléculas, por conseguinte são formadas por moléculas menores chamadas de monômeros. Para a produção destes polímeros, são utilizados como matérias-primas fundamentais, o petróleo e o gás natural (ABIPLAST,2014).

De acordo com o mesmo autor, podem ser classificados como sendo naturais, existentes na natureza, sintéticos, aqueles que produzidos por meio de reações químicas, ou ainda, os termoplásticos, os quais não alteram sua estrutura durante processos de aquecimento.

Existe uma grande variedade de tipos de plásticos, os quais variam de acordo com sua composição e características. Dentre estes, o Poliestireno se destacou na área industrial, graças ao seu baixo custo, baixa condutibilidade elétrica, e por possuir peso inferior, desta forma, sendo um dos termoplásticos mais consumidos nos anos de 1990 (Borrelly,2002).

Segundo Borrelly (2002), o poliestireno é dividido em:

- Poliestireno cristal (PS cristal): com aparência próxima ao do vidro, é utilizado em para a produção de brinquedos, talheres descartáveis, cabides.
- Poliestireno alto impacto (PS alto impacto): apesar da alta resistência, apresenta flexibilidade, além de ser eficiente em absorver impactos.
- Poliestireno expandido (EPS): espuma semi-rígida, conhecida nacionalmente como “Isopor”, é utilizado em lajes pré-moldadas, isolamento térmico, protetor de equipamentos eletrônicos.
- Poliestireno resistente ao calor (PS resistente ao calor): devido a sua resistência as altas temperaturas, o seu processamento torna se complexo, o que torna seu uso apropriado para peças de máquinas, gabinetes de rádios e TV`s, aparelhos eletrônicos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Foi produzido na cidade de Formiga- MG, um concreto convencional, em que este recebeu 3 tipos de adições. Foram moldados 12 corpos de prova, sendo 3 usados para testemunho, e os demais receberam a adição, respectivamente, de 5, 10 e 15% de resíduos de poliestireno.

A produção do concreto e a confecção dos corpos de prova ocorreram no dia 07/09/2018. No dia 08/09/2018 foram retirados dos moldes e submersos, iniciando o processo de cura. Os ensaios laboratoriais foram executados no laboratório Ciências da Terra, localizado no Centro Universitário de Formiga-UNIFOR-MG.

Foram utilizados os seguintes materiais:

- Cimento CP II E-32;
- Agregado graúdo – Brita 0;
- Areia Fina;
- Água potável;
- Resíduos de PS retirado de carcaças de tv's de LED

Para confecção dos corpos de prova, foi utilizado o cimento Portland, composto com escória, CP II E-32. A escolha deste se deu pela fácil aquisição na cidade de Formiga - MG, onde os corpos de prova foram feitos.

A areia e a brita 0 usados na mistura do concreto, foram adquiridos em uma loja de materiais de construção em Formiga – MG. A água utilizada no processo foi retirada da rede de abastecimento da mesma cidade.

O resíduo polimérico PS foi extraído de tampas de televisores de LED sucateados (FIG. 2), doados por uma empresa de Formiga.

Figura 2- Tampas de televisores sucateados.



Fonte: Autor (2018)

Posteriormente foram passados (FIG. 3a) em uma picadora agrícola (FIG. 3b) para seccionamento em partes menores com dimensões aproximadas de 12 x 0,5 cm (Fig 4A).

Figura 3-- Processo de seccionamento utilizando uma picadora agrícola



Fonte: Autor (2018)

Logo após, foram partidos manualmente, para ficarem com dimensões aproximadas de 2x0,5 cm (Fig 4B).

Figura 4-Resíduos Poliméricos seccionados



Fonte: Autor (2018)

A metodologia abordada nesse trabalho contém duas etapas:

- Preparação dos moldes, produção do concreto, moldagem e cura dos corpos de prova;
- Ensaio laboratoriais.

4.1. Preparação dos moldes para corpo de prova

Os corpos de prova foram confeccionados segundo os parâmetros da NBR 5738 (ABNT,2015). Esta norma cita que os moldes devem ser em aço ou outro material não absorvente e não deformável durante o procedimento de moldagem.

Desta forma, foram escolhidos moldes a partir de um tubo de PVC, por atender as exigências da norma, por ter uma fácil aquisição e pela dificuldade em obter os moldes em aço.

Os corpos de prova possuem diâmetro de 100 mm e 200mm de altura. Podendo ter tolerâncias dimensões de 1% no diâmetro e 2% na altura, segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015).

4.2. Produção do concreto

Na produção de concreto, o traço utilizado em todos os corpos de prova o foi de 1:2:3 (cimento, areia, agregado graúdo), com o fator de água/cimento de 0,5, baseados na tese de mestrado de Schettino (2015) sendo que as proporções de todos componentes da mistura se mantiveram constantes em todos os ensaios. Sua produção iniciou por volta de 13:00 do dia 07/09/2018.

Primeiramente foi produzido um concreto convencional para três corpos de prova que serviram de testemunha, logo após, os nove corpos de prova restantes foram divididos em três de grupos com três corpos cada, que receberam a adição de resíduos de poliestireno, nas porcentagens de 5,10 e 15%, respectivamente. Essa porcentagem está relacionada ao peso do m^3 de concreto que equivale, segundo a NBR 6120(ABNT,1980), aproximadamente 2500 kg/m^3 .

Para que ocorra uma dosagem exata de material para o traço, foi necessário determinar o volume de concreto necessário para preencher cada molde (Equação 2):

$$V = h \times \pi \times r^2 \quad (2)$$

em que:

V = volume do corpo de prova, dm^3 ;

h = altura do corpo de prova, dm^3 ;

r = raio do corpo de prova, dm.

A partir do volume de um corpo de prova, este foi multiplicado pela quantidade total de corpos de prova a serem confeccionados no experimento; sendo assim, obteve-se o volume de concreto a ser utilizado. Encontrado o volume total, foi possível determinar a quantidade exata de material para o traço; utilizando a Equação 3:

$$C = \frac{V}{\frac{1}{\rho_c} + \frac{2}{\rho_a} + \frac{3}{\rho_b} + 0,5} \quad (3)$$

em que:

C = consumo de cimento, kg;

V = volume de concreto, dm³

ρ_c, ρ_a, ρ_b = massas específicas do cimento, areia e brita respectivamente, kg/dm³.

Posteriormente, o valor encontrado foi multiplicado pelos valores do traço e obteve-se a quantidade de cada material (TAB.1). Inicialmente cada material foi pesado, adicionado a massa e, então, misturados de forma manual.

Tabela 2- Material utilizado para confecção dos corpos de prova de concreto

Traço (%)	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita 0 (kg)	PS (kg)	Água (l)
0	2,406	4,812	7,204	0	0,960
5	2,406	4,812	7,204	0,196	0,960
10	2,406	4,812	7,204	0,392	0,960
15	2,406	4,812	7,204	0,588	0,960

Fonte: O autor (2018)

Os resíduos foram adicionados em seguida (FIG.5), não alterando o traço do concreto.

Figura 5-Adição de resíduo de Poliestireno ao concreto convencional.



Fonte: Autor (2018)

4.3. *Slump test*

O ensaio para determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, também é conhecido como *Slump test*. De acordo com a NBR NM 67 (ABNT, 1998), o slump consiste em um ensaio onde é utilizado um molde metálico oco, com 30cm de altura, possuindo 20 cm em sua base inferior, e 10 cm em sua base superior.

Para executá-lo, o molde deve ser colocado com sua maior base voltada para baixo, sobre uma chapa metálica. Em seguida, ocorreu o preenchimento com concreto em 3 camadas. Posteriormente, foi desferido 25 golpes em cada camada, utilizando uma haste metálica, para que corresse o adensamento do concreto.

Logo após, o molde foi erguido lentamente, e foi colocado ao lado do concreto, para realizar a comparação da altura entre cone metálico e concreto dosado. Para isso, a haste metálica foi colocada horizontalmente sobre o cone e com o auxílio de uma trena, pôde-se determinar a diferença de altura entre ambos (FIG. 6).

Figura 6-Realização do teste de abatimento do tronco de cone (*slump test*)



Fonte: O autor (2018)

4.4. Confeção dos corpos de prova

Os corpos de prova foram produzidos com dimensões de 100mm de diâmetro por 200mm de altura, em moldes de PVC. Os moldes foram colocados em uma superfície lisa e logo após foram preenchidos com concreto em 2 camadas, e adensados com uma haste metálica, recebendo 12 golpes em cada camada, seguindo a NBR 5738(ABNT,2015). Posteriormente, permaneceram em um local sem intempéries, e iniciando o processo de cura. Após 7 horas em que os corpos de prova terem sido moldados, foi realizado o capeamento. O processo consiste em uma técnica em que é passado uma escova de aço no topo do corpo de prova e em seguida aplica-se uma camada de argamassa, não ultrapassando a espessura de 3 mm.

4.5. Cura do concreto

Passado 24 horas após serem confeccionados, os corpos de prova foram retirados dos moldes de PVC, com o auxílio de um esmeril, e logo após foram identificados. Em seguida, foram submersos em água limpa e longe de intempéries (FIG.7), até 24 horas antes da realização do ensaio de compressão.

Figura 7- Cura dos corpos de prova com diferentes porcentagens de adição de poliestireno.



Fonte: O autor (2018)

4.6. Aferição da dimensão dos corpos de prova

Após o desmolde dos corpos de prova, foram feitas as aferições de altura e diâmetro. Esta aferição é feita para que os cálculos de área sejam efetuados com maior precisão.

Segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015), o diâmetro do corpo de prova pode atingir a variância de 1%, e a altura pode variar em 2%, desde que a relação altura/diâmetro não ultrapasse 2,02. As FIG.8 e FIG.9 comprovam que os corpos de prova estão de acordo com a referida norma.

Figura 8-Aferição da altura



Fonte: O autor (2018)

Figura 9- Aferição do diâmetro



Fonte: O autor (2018)

Os corpos de prova apresentaram a dimensão de 200x99 mm, então a relação altura/diâmetro é igual a 2,02.

4.7. Massa específica dos corpos de prova úmidos

Antes do rompimento dos corpos de prova, estes passaram por uma pesagem individual, e com o volume já encontrado por meio da Equação 2, foi possível a realização do cálculo da massa específica dos corpos de prova (Equação 4).

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (4)$$

em que:

ρ = massa específica do corpo de prova, kg/m³;

M = massa do corpo de prova, kg; e

V = volume do corpo de prova, m³.

Este procedimento foi realizado após a retirada dos corpos de provas da submersão, 24 horas antes de serem rompidos.

4.8. Resistência a Compressão

O ensaio de resistência a compressão foi executado em uma máquina de ensaios modelo WAW-1000 da marca SOLOCAP, instalada no Laboratório de Ciências da Terra do Centro Universitário de Formiga- UNIFOR-MG, de acordo com a NBR 5739 (ABNT,2007) com os corpos de prova na idade de 28 dias.

Os quais foram colocados individualmente no centro da máquina, e em seguida, foi aplicado o carregamento de forma contínua e sem impactos. Ao final do teste, realizou-se o cálculo da resistência a compressão (Equação 5) com os resultados obtidos.

$$f_c = \frac{4 \times F}{\pi \times D^2} \quad (5)$$

em que:

f_c = resistência a compressão, MPa;

F = força máxima alcançada, N; e

D = diâmetro do corpo de prova, mm.

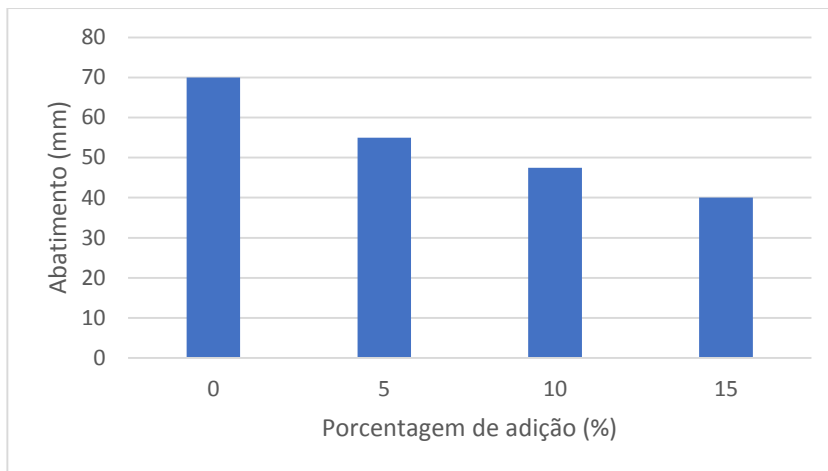
4.9. Análise estatística

Foi montado um experimento, para fins de análise estatística, em delineamento inteiramente casualizado com tratamento consistido da porcentagem de adição de resíduos de poliestireno no concreto, (quatro níveis :0, 5, 10 e 15%) em três repetições, que foram comparadas pelo teste F a 5% de significância. Foi utilizado o software Agroestat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015) para realizar as análises.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao ensaio de consistência de abatimento do tronco de cone das diferentes adições de resíduos são mostrados no GRAF.1

Gráfico - 1 Abatimento do tronco de cone obtido com diferentes adições de resíduos de poliestireno



Fonte: O autor (2018)

Foi perceptível que, quanto maior quantidade de adição de resíduos de poliestireno ao concreto convencional, menor foi a sua trabalhabilidade, aumentando assim sua consistência. O resultado foi similar ao obtido por Gomes et al. (2015), tal fato é justificado devido ao formato angulado e irregular do resíduo de poliestireno, aumentando assim sua área de atrito com os demais componentes da mistura.

Posteriormente, em posse da a massa unitária, foi realizado o cálculo da massa específica dos corpos de provas, e os resultados foram representados na TAB. 2.

Tabela 3- Resultados encontrados de massa específica

Resíduo PS (%)	Massa unitária media (kg)	Massa específica media (kg/m ³)
0	3,450	2,197
5	3,445	2,194
10	3,327	2,119
15	3,169	2,038

Fonte: O autor (2018)

Analisando a TAB.2, foi notável que a quantidade de resíduo é inversamente proporcional a massa unitária e a massa específica. Isso ocorre devido ao fato que a massa específica do PS é mais leve que a do concreto, sendo 1,05 g/cm³ e 2,40 g/cm³ respectivamente.

Os resultados do ensaio de compressão simples obtidos estão representados na TAB.3

Tabela 4- Resultados do teste de compressão simples ao 28 dias

Resíduo de PS(%)	Resistencia à compressão (Mpa)
0	11,73
0	8,82
0	10,81
5	10,65
5	10,44
5	7,76
10	13,80
10	10,53
10	10,96
15	5,91
15	8,65
15	10,51

Fonte: O autor (2018)

Em sequência, a TAB. 4 expõe os resultados das análises de variância –ANOVA – realizadas para os parâmetros de resistência a compressão que não foram significativas a um nível de 95% de confiança.

Tabela 5- Resumo da ANOVA para resistência à compressão de concretos com a adição de diferentes porcentagens de resíduo de PS.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio
		Resistência à compressão
% Adição	3	6,15 ^{NS}
Erro	8	3,33
Total	11	
CV (%)		18,16
Média geral		10,05

Fonte: O autor (2018). Nota: CV: coeficiente de variação; GL: grau de liberdade; ns: não significativo

Em que: NS: não-significativo a 1% de probabilidade estatística pelo Teste F.

A TAB.5 apresenta a resistência média obtida nos testes de compressão simples.

Tabela 6- Resistencia média obtida

% de Adição	fc (MPa)
0	10,45 a
5	9,62 a
10	11,76 a
15	8,36 a

Fonte: O autor(2018) . Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade estatística pelo teste de Scott – Knott

Através da TAB.5 foi possível analisar que não houve uma variação considerável na resistência média do concreto com adição de Poliestireno. Este resultado se mostra satisfatório, pois apesar de não ter um aumento em sua resistência, também não houve redução da mesma, fazendo assim o concreto com adição de Poliestireno uma opção sustentável, para a disposição desse resíduo.

Ainda não há nenhuma norma brasileira sobre o concreto com adição de resíduos de Poliestireno, dificultando assim a produção desse tipo de concreto para fins estruturais.

6. Conclusão

Com base nos dados obtidos no estudo, o concreto com adição de resíduos de Poliestireno mostrou-se mais consistente, apresentou uma massa específica próxima a do convencional, e sua resistência não apresentou uma variação importante.

Esses resultados mostraram que a resistência a compressão deste concreto com adição é equiparada a do convencional, sendo assim uma opção válida na busca de viabilidade do uso de materiais reciclados na construção civil.

Assim, o uso deste material como aditivo na confecção de concreto alcançou resultados satisfatórios, tanto técnicos, econômicos e ecológicos. Contudo, o estudo dessa técnica deve ser aprofundado, sendo indicado apenas para fins não estruturais na construção civil.

REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V. JOHN, V. M. O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil. Coordenador José Goldemberg. Volume 5. Série Sustentabilidade. São Paulo: Blucher. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. **Conceitos Básicos Sobre Materiais Plásticos**. <[http://file.abiplast.org.br/download/links/links%202014/materiais plasticos para site vf 2.pdf](http://file.abiplast.org.br/download/links/links%202014/materiais_plasticos_para_site_vf_2.pdf)> . Acesso em 06/09/2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização de cimento Portland**. Boletim técnico 106. 7 ed, São Paulo, 2002. 28 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro. 2018.
- _____. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015. 9 p.
- _____. **NBR 5739**: Concreto-Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007. 9 p.
- _____. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio De Janeiro,1980.5p.
- _____. **NBR NM 67**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998. 8 p.
- BARBOSA, J. C; MALDONADO JÚNIOR W. AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. FCAV/UNESP, Jaboticabal, versão 1.0.694 (2015).
- CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia de Sustentabilidade na Construção**. Belo Horizonte: FIEMG, 2008. 60p.
Disponível em: < http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/comunicacao/guia_sustentabilidade.pdf>. Acesso em 08/05/2018.
- CARVALHO, A. G. **Energia de ativação do concreto: experimentação e modelagem**. 2002. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na Construção Civil**. 2009. 70 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão e Tecnologia na Construção Civil, Construção Civil, Belo Horizonte, 2009
- CUCCATO, G. R. S. P. **A importância da reciclagem dos plásticos e a conscientização dos alunos do ensino médio**. 2014. 30 pg. Dissertação (Especialização) Curso de pós-graduação em Ensino de Ciências – Polo de Araras-SP, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, Medianeira, 2014.
- FURUKAWA, F. M. / CARVALHO, B. B. **Técnicas construtivas e procedimentos sustentáveis – estudo de caso: edifício na cidade de São Paulo**. 2011. 109f. Monografia de

Graduação em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

GALVÃO, J. C. A. Estudo das propriedades dos concretos confeccionados com cimento CP V - ARI e CP II - F32, sob diferentes temperaturas de mistura e métodos de cura. 2003. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e Processos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

GALVÃO JUNIOR, J. W. L. Sustentabilidade e viabilidade econômica de habitações de interesse social. 2009. 63 F. Dissertação (Bacharelado) – Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

GIONGO, J. S. Concreto armado: introdução e propriedade dos materiais. 2007. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Introd_Prop_Materiais.pdf>. Acesso em: 06/05/2018.

GOMES, P. C. C.; ALENCAR, T. F. F. de; SILVA, N. V. da; MORAES, K. A. de M.; ANGULO, S. C. Obtenção de concreto leve utilizando agregados reciclados. Ambiente Construído, Porto Alegre ,v. 15, n. 3, p. 31-46, jul./set. 2015.

HELENE, P.; ANDRADE, T. Concreto de cimento Portland. In: ISAIA, G. C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** São Paulo: IBRACON, v. 2, 2007. Cap. 27, p. 905-944.

LEONHARDT, F.; MÖNNIG, E. Construções de concreto. 1 . ed. Rio de Janeiro: Interciência,2008. 366 p

MAGALHÃES, F. C. Concreto de cimento Portland: ESPECIFICAÇÕES E ENSAIOS. 2013. Disponível em: <http://academico.riogrande.ifrs.edu.br/~fabio.magalhaes/mat_construcao_arquivos/Apostilas/concreto_especificacoes.pdf>. Acesso em 10 de abril de 2018.

MODRO, N. L. R. Desenvolvimento e caracterização de concreto de cimento Portland contendo resíduos poliméricos de PET. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado)- Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Processos ,Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2008,

NEVILLE, A.M. Propriedades do Concreto. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 912 p.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do concreto. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

PEDROSO, F. L. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. Revista Concreto & Construções, São Paulo-SP, v. 53, 2009.

PETRUCCI, E. G. R. Concreto de cimento Portland. 13. ed. São Paulo: Globo, 1998. 307 f.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. Estruturas de concreto. 2004. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/EESC/Concreto.pdf>>. Acesso

em: 06/05/2018.

RIBEIRO, C.C.; PINTO, J. D. S.; STARLING, T. *Materiais de Construção Civil*. 3. Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2011, 112 p.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2008. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495 p.

SCHETTINO, R.M. **Concreto com adição de fibras de politereftalato de etileno**. 2015. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2015.