

FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ – FAACZ  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

**IAGO SABARÁ AUER**  
**MÔNICA MANTOVANI BOTTAN**

**ESTUDO COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO ENTRE O  
CONCRETO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) E CONCRETO  
CONVENCIONAL**

Aracruz  
2018

IAGO SABARÁ AUER  
MÔNICA MANTOVANI BOTTAN

**ESTUDO COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO ENTRE O  
CONCRETO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) E CONCRETO  
CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a  
Coordenadoria do Curso de Engenharia Civil das  
Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ,  
como requisito parcial para a obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. M. Sc. Julimara Zampa Bitti  
Blank

Aracruz  
2018

**IAGO SABARÁ AUER  
MÔNICA MANTOVANI BOTTAN**

**ESTUDO COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO ENTRE O  
CONCRETO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) E CONCRETO  
CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a  
Coordenadoria do Curso de Engenharia Civil das  
Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ,  
como requisito parcial para a obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. M. Sc. Julimara ZampaBitti Blank  
Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ  
Orientadora

---

Prof. M. Sc. Evandro José Pinto de Abreu  
Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ  
Membro Interno

---

Prof. M. Sc. Robson Moro Aioffi  
Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ  
Membro Interno

## **DECLARAÇÃO DOS AUTORES**

Declaro, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico-científica, que este Trabalho de Conclusão de Curso pode ser parcialmente utilizado, desde que se faça referência à fonte e ao autor.

Aracruz, 12 de julho de 2018.

Iago Sabará Auer  
Mônica Mantovani Bottan

*A Deus, aos nossos pais, irmãos e familiares.*

A Deus por ter dado saúde, capacidade força e coragem para superar as dificuldades.

Aos nossos pais, pela educação que nos deram.

Aos nossos irmãos, pela força e apoio que nos deram sempre que precisamos.

A FAACZ, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbramos um horizonte superior.

A nossa orientadora Prof. M. Sc. Julimara Zampa Bitti Blank pelo suporte, pelas suas correções, sugestões e incentivos.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado.

Ser sábio é melhor do que ser forte; o conhecimento é mais importante do que a força. Afinal, antes de entrar numa batalha, é preciso planejar bem, e, quando há muitos conselheiros, é mais fácil vencer.

(PROVÉRBIOS 24:5-6 NTLH)

## RESUMO

Ao longo dos anos, com o crescimento nas construções de imóveis, as empresas buscam aprimorar os processos para otimização, visando diminuir o tempo de construção e eficiência na qualidade dos mesmos. Cada dia que passa, o mercado da Engenharia Civil vem crescendo e ocasionando grandes mudanças, a fim de diversificar as diretrizes na composição de novos materiais. A utilização de resíduos em concretos e argamassas tem se tornando grande alternativa para economia e sustentabilidade. Existem vários estudos e técnicas para substituição de alguns componentes para diminuir volume de materiais e o peso das estruturas. Com o descarte do EPS de embalagens, um dos métodos é a substituição parcial do poliestireno expandido (EPS) no concreto convencional. Mediante a este cenário, este trabalho compara o concreto convencional com o concreto com EPS, verificando suas características e a resistência a compressão. Para analisar a influencia desse resíduo, foi feito um estudo através de método experimental em laboratório com três tipos de misturas, alternando o EPS em parciais no lugar do agregado graúdo (25% EPS – 75% brita, 50% EPS – 50% brita e 75% EPS – 25% brita). De acordo com os resultados, é inviável a utilização parcial de EPS como agregado graúdo no concreto, pois quanto mais resíduo de EPS substituir menor a resistência à compressão.

Palavras-chave: Concreto Convencional. Poliestireno Expandido. Resistência. EPS.

## **ABSTRACT**

Over the years, with the growth in real estate construction, companies seek to improve processes for optimization, aiming to reduce construction time and efficiency in their quality. Each day that passes, the Civil Engineering market is growing and causing great changes, in order to diversify the guidelines in the composition of new materials. The use of residues in concrete and mortars has become a great alternative for economy and sustainability. There are several studies and techniques for replacing some components to decrease the volume of materials and the weight of the structures. With EPS discarding of packaging, one of the methods is the partial replacement of expanded polystyrene (EPS) in conventional concrete. In this scenario, this work compares the conventional concrete with the concrete with EPS, verifying its characteristics and the resistance to compression. In order to analyze the influence of this residue, a study was carried out using an experimental laboratory method with three types of mixtures, alternating the partial EPS in place of the large aggregate (25% EPS - 75% brita, 50% EPS - 50% brita and 75% EPS - 25% gravel). According to the results, it is impracticable to partially use EPS as a large aggregate in the concrete, because the more EPS residue the lower the compressive strength.

Keywords: Conventional Concrete. Expanded polystyrene. Resistance. EPS.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cimento utilizado para produzir os corpos de prova .....	23
Figura 2 – Propriedades Físicas e Mecânicas do Cimento CP V. ....	23
Figura 3 – Etapas de preparação do EPS. ....	24
Figura 4 – Traço escolhido para fazer os ensaios. ....	25
Figura 5 – Procedimento e abatimento do concreto convencional. ....	26
Figura 6 – Moldagem dos Corpos de Prova. ....	28
Figura 7 – Corpos de Prova Desenformados. ....	28
Figura 8 – Cura dos Corpos de Prova. ....	29
Figura 9 – Prensa Hidráulica utilizada para encontrar a Resistência à Compressão. .....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de resistência dos concretos. ....	20
Tabela 2 – Quantitativo de materiais calculados para 10 corpos de prova. ....	25
Tabela 3 – Resultados do teste de abatimentos. ....	27
Tabela 4 – Relação água/cimento dos concretos com EPS. ....	31
Tabela 5 – Resultados do ensaio de Resistência à Compressão em MPa. ....	33

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Acréscimo de água na mistura.....	31
Gráfico 2 – Acréscimo de cimento na mistura. ....	32
Gráfico 3 – Aumento de água em relação ao EPS .....	32
Gráfico 4 – Resultado da Resistência à Compressão. ....	34
Gráfico 5 – Redução da Resistência à Compressão.....	35

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA</b> .....	<b>15</b>
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
3.1 OBJETIVO GERAL .....	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>4 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>17</b>
4.1 ACADEMICA .....	17
4.2 MERCADOLÓGICA .....	17
<b>5 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
5.1 CONCRETO CONVENCIONAL .....	18
<b>5.1.1 Consistência do concreto fresco</b> .....	<b>18</b>
<b>5.1.2 Características e propriedades do concreto convencional</b> .....	<b>19</b>
<b>5.1.3 Resistência a compressão</b> .....	<b>19</b>
5.2 POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) .....	20
<b>6 METODOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
6.1 SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS .....	22
6.2 DOSAGEM E PRODUÇÃO DOS CONCRETOS .....	24
<b>6.2.1 Dosagem</b> .....	<b>24</b>
<b>6.2.2 Produção do Concreto Convencional</b> .....	<b>26</b>
<b>6.2.3 Produção do Concreto com EPS</b> .....	<b>27</b>
6.3 MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA .....	27
6.4 PROPRIEDADES DOS CONCRETOS AVALIADOS .....	29
<b>7 RESULTADOS</b> .....	<b>31</b>
7.1 O CONCRETO NO ESTADO FRESCO .....	31
7.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO .....	33
<b>8 CONCLUSÃO</b> .....	<b>36</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Muito se discute a importância de preservar a natureza. Com o passar dos anos, indústrias e empresas crescem cada vez mais, gerando resíduos com suas mercadorias e embalagens. Existem muitas vantagens do uso de EPS reciclado na construção civil, um deles é utilizar o EPS como agregado, diminuindo parte dos materiais retirados da natureza evitando o descarte no meio ambiente. O EPS pode contribuir para um desempenho satisfatório no concreto?

Para Helene (1992), um dos materiais mais adequados para construção de estruturas é o concreto de cimento Portland, que supera com larga vantagem, outras alternativas como madeira, aço ou alvenaria. Embora o concreto possa ser considerado um material praticamente eterno, desde que receba manutenção sistemática e programada, existem construções que apresentam manifestações patológicas em intensidade e incidência significativas, acarretando elevados custos para sua correção.

De acordo com Nicola (2010), o concreto é o resultado da mistura de cimento, água, pedra e areia. O cimento ao ser hidratado pela água ocorre uma reação química, formando uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados (pedra e areia). Pode-se dizer que o Concreto Convencional é aquele sem qualquer característica especial e que é utilizado no dia a dia da construção civil.

Apesar do grande número de construções existentes, tem se criado várias técnicas para utilização de resíduos visando a sustentabilidade. Como uma solução para este problema, os pesquisadores sugerem métodos de utilização do EPS para se obter um concreto com uma ótima resistência, inovando com matérias que poderiam ser descartados prejudicando o meio ambiente.

Segundo Amianti (2005), Poliestireno Expandido (EPS), é uma espuma rígida obtida por meio da expansão da resina PS durante a sua polimerização. Essa expansão é realizada injetando-se um agente químico na fase de reação da polimerização. Os agentes de expansão mais utilizados são os hidrocarbonetos criogênicos (Ex.: gás carbônico). O EPS mais conhecido no Brasil é o da marca comercial da Basf-

Isopor®. As principais aplicações são na proteção de embalagens e no isolamento térmico.

Segundo o Site EPS BRASIL (2014), mesmo a substituição parcial do agregado graúdo pelo EPS, muitas empresas estão contribuindo com o Meio ambiente, retirando o descarte de 13.570 toneladas, preservando a natureza de forma sustentável.

Este trabalho tem por objetivo desenvolver experimentos, sobre a substituição parcial do agregado graúdo pelos resíduos inutilizáveis de EPS, comparando com o concreto convencional. O objetivo geral é comparar a resistência à compressão de cada um deles.

A metodologia utilizada foi pesquisas bibliográficas exploratórias descritivas, fabricação dos dois tipos de concretos realizados em laboratório e experimentos através de ensaios de resistência a compressão.

Mediante ao estudo exposto, conclui-se que a adição de EPS como agregado graúdo não atingiu os resultados esperados, sendo assim inviável para a utilização em obras estruturais.

## **2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

Por que o EPS pode contribuir para fabricação de concreto?

Buscar boa resistência à compressão, substituindo parcialmente o EPS no concreto, evitando o descarte na natureza e visando a sustentabilidade.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho tem como objetivo geral comparar a resistência à compressão do concreto convencional e o concreto com a adição parcial de EPS como agregado graúdo.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Apresentar características do concreto convencional bem como suas propriedades;
- Apresentar propriedades e características do Poliestireno Expandido;
- Determinar a resistência à compressão do concreto com adição de EPS, em diferentes traços, através de ensaios feitos em laboratório (NBR 5738:2015 e 5739:2007);
- Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;
- Comparar todos os resultados obtidos em laboratório do concreto convencional com o concreto modificado;

## **4 JUSTIFICATIVA**

### **4.1 ACADEMICA**

A escolha deste tema surgiu mediante aos estudos e trabalhos aplicados durante o curso. As matérias que envolvem o concreto convencional são as mais importantes, pois é a mais utilizada no ramo de engenharia civil. Logo, surge a ideia de envolver resíduos no concreto para tentar buscar inovação, visando a sustentabilidade e a economia de recursos naturais.

### **4.2 MERCADOLÓGICA**

O concreto estrutural pode ser aplicado em diversos setores da construção civil, e seu peso próprio está relacionado as solicitações de suas estruturas, com isto, visa a sua viabilidade técnica, mostrando vantajoso, em relação ao concreto convencional. Além do ponto de vista ambiental, as vantagens do EPS reciclado na construção civil, é reaproveitar novamente na cadeia do processo produtivo, diminuindo o descarte no meio ambiente.

## **5 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **5.1 CONCRETO CONVENCIONAL**

O concreto convencional é aquele que não possui aditivo em sua composição, tendo grande utilização no dia a dia em construções. Sua obtenção é feita da mistura de água, agregados miúdos e graúdos e do aglomerante. O aglomerante é a mistura do cimento com a água.

O concreto convencional é usado em obras onde não existe a necessidade da utilização de equipamentos para o bombeamento do concreto. Devido à baixa trabalhabilidade desse concreto, torna-se necessário o uso de equipamentos de vibração para um bom adensamento. Esse bom adensamento é essencial para que se evitem nichos de concretagens, os quais tem interferência direta da durabilidade da estrutura. Esse concreto demanda uma quantidade grande de mão de obra devido a sua aplicação manual (PORTAL DO CONCRETO, 2013).

Nos dias de hoje existem vários tipos de concretos, cada um deles atende uma determinada exigência, regido pelas normas de construção. O concreto convencional possui características físicas que diferenciam seu estado fresco e endurecidas, que também são regulados por normas expostas abaixo.

#### **5.1.1 Consistência do concreto fresco**

Segundo Magalhães (2009), a consistência é uma das propriedades mais importantes na especificação de um concreto, refere-se a propriedades intrínsecas da mistura em estado fresco, relacionadas com a mobilidade da massa e a coesão entre os materiais que o compõem. Desta forma, a consistência do concreto é um conceito intimamente relacionado com o grau de plasticidade que este apresenta.

A medida que vai modificando o grau de umidade, altera as características, deformando o concreto na medida dos esforços. Um dos métodos mais utilizados

para determinar a consistência é o ensaio de abatimento do concreto, também conhecido como slump test.

De acordo com Piernas (2002), a consistência do concreto é geralmente medida pelo ensaio de abatimento (Slump Test), onde o concreto é compactado dentro de uma forma cilíndrica cônica, com altura de 30 centímetros. Retirando-se a forma, por cima do concreto, este sofre um abatimento medido em centímetros ou milímetros, que é usado como comparativo da consistência.

### **5.1.2 Características e propriedades do concreto convencional**

Uma das principais características do concreto endurecido é a sua resistência à compressão, com a qual, pode-se utilizar o concreto como estrutural.

Com a fabricação do corpo de prova de concreto, usando a proporção adequada de cimento, água entre outros, resulta em um material pastoso de fácil trabalhabilidade em tempo determinado, para utilização no ramo da construção civil.

Algumas das propriedades mecânicas do concreto são determinadas a partir de ensaios para verificar a resistência à compressão, resistência a tração e módulo de elasticidade. Os ensaios são executados para controle da qualidade e atendimento às especificações.

### **5.1.3 Resistência a compressão**

A resistência a compressão é a característica mecânica mais importante, sendo a última etapa de produção. Está ligada ao tempo de cura do concreto. Por isso ela deve ser bem planejada e executada para adquirir o melhor desempenho mecânico do material. Para executar um projeto de uma edificação, deve-se fazer o cálculo estrutural, por isso, o valor da resistência é um dado importante para que não ocorram erros na má execução do serviço.

A verificação da resistência à compressão do concreto é determinada com base nas seguintes normas brasileira:

NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

NBR 5738 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova – define as condições para a preparação dos corpos-de-prova a serem ensaiados. Nesta norma, são definidos os principais parâmetros a serem considerados no momento de moldar os CP's, desde a escolha das dimensões, passando pela preparação das formas, adensamento, cura e identificação.

Segundo a NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. O corpo-de-prova padrão brasileiro é o cilíndrico, com 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, e a idade de referência para o ensaio é 28 dias.

Segundo a Norma NBR 8953:1932, os concretos convencionais para fins estruturais, são classificados nos grupos I e II conforme a resistência característica à compressão. A Tabela 1, retirada da NBR 8953 (1992), a seguir apresenta os valores da classificação das classes de resistências dos concretos.

Tabela 1 – Classes de resistência dos concretos.

<b>Classe de Resistência do Grupo I</b>	<b>Resistência Característica à Compressão MPa</b>	<b>Classe de Resistência do Grupo II</b>	<b>Resistência Característica à Compressão MPa</b>
C20	20	C55	55
C25	25	C60	60
C3	30	C70	70
C35	35	C80	80
C40	40	C90	90
C45	45	C100	100
C50	50		

Fonte: Adaptado da NBR 8953 (1992)

## 5.2 POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

De acordo com Moraes (2015), o poliestireno expandido (EPS) é um plástico celular rígido, resultado da polimerização do estireno em água. No Brasil é popularmente conhecido como Isopor, marca registrada da empresa Knauf.(EPS BRASIL). A

matéria prima do EPS é o poliestireno (PS), um polímero expansível de estireno, obtido através do petróleo e por meio de transformações químicas.

Conhecido usualmente como isopor, e registrado como poliestireno expandido (EPS), possui grande importância na construção civil, devido suas propriedades físicas e químicas.

Segundo Schmidt (2013), a reciclagem do EPS vem evoluindo ao longo dos anos. Entre 2007 e 2012, o volume total de material encaminhado para ser reaproveitado aumentou em 460 toneladas. “Só no último ano, foram recicladas mais de 35 mil toneladas, o que representa cerca de 35% de tudo o que é colocado no mercado”,. “A meta é, até 2025, reaproveitar 100%”.

Segundo Tessari (2006), o poliestireno expandido é reciclável e representa somente 0,1% do lixo produzido. Quando descartado de forma incorreta se torna nocivo ao meio ambiente.

De acordo com Schicoski (2008), o EPS leva mais de 150 anos para decompor, ocupam grandes espaços nos aterros sanitários, contribuindo para a diminuição da vida útil dos mesmos e aumento os custos com a construção de novos aterros. Quando misturado a outros rejeitos é prejudicial à decomposição de materiais biodegradáveis. E este material for queimado libera gás carbônico contribuindo com a poluição do ar e ao aquecimento global.

## **6 METODOLOGIA**

O presente trabalho foi desenvolvido através de pesquisa bibliográfica e pesquisa experimental. Segundo o Brasil Escola (2012), a pesquisa exploratória permite uma maior familiaridade entre o pesquisador e o tema pesquisado. Caso o problema proposto não apresente aspectos que permitam a visualização dos procedimentos a serem adotados, será necessário que o pesquisador inicie um processo de sondagem, com vistas a aprimorar ideias, descobrir intuições e, posteriormente, construir hipóteses. Para Gil (2007), a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

Para o experimento foi confeccionado o concreto convencional e o concreto com substituição parcial do agregado graúdo pelo EPS, com a intenção de compará-los. Para fabricação dos ensaios foram utilizados os materiais básicos necessários para a confecção do concreto, conforme a descrição das etapas abaixo.

### **6.1 SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS**

O cimento utilizado para a pesquisa foi o CP V ARI FÁCIL, pois ele é considerado um cimento de pega rápida.

Figura 1 – Cimento utilizado para produzir os corpos de prova



Fonte: Autores (2018)

Figura 2 – Propriedades Físicas e Mecânicas do Cimento CP V.

Características e propriedades		Unidade	Limites
Finura	Resíduo na peneira 75µm	%	- 6,0
	Área específica	m <sup>2</sup> /kg	- 300
Tempo de início de pega		h	- 1
Expansibilidade a quente		mm	- 5
Resistência à compressão	1 dia de idade	MPa	- 14,0
	3 dias de idade	MPa	- 24,0
	7 dias de idade <sup>(A)</sup>	MPa	- 34,0

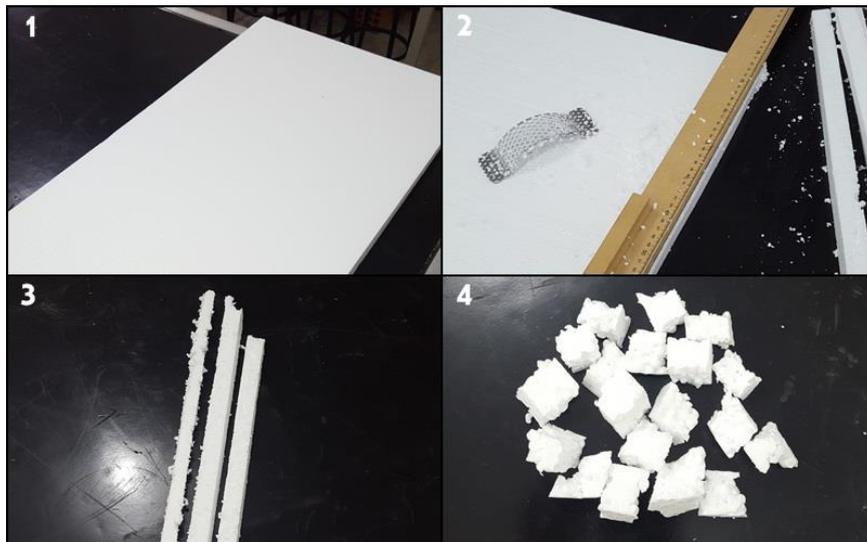
Fonte: NBR 5733:1991

Para produzir os ensaios foram utilizadas areia média como agregado miúdo natural e brita 1 de origem granítica número um (23 mm) como agregado graúdo, ambos de fornecimento das Faculdades Integradas de Aracruz. A estocagem era feita em caixas de madeira com tampa, para evitar contaminação com outros materiais.

O EPS utilizado neste estudo como agregado graúdo reciclado, (Figura 3) foi fornecido pela Faculdades Integradas de Aracruz (FAACZ).

Os autores optaram por dividir as placas de EPS em partes iguais, chegando mais próximo do tamanho real da brita utilizada na pesquisa.

Figura 3 – Etapas de preparação do EPS.



Fonte: Autores (2018).

## 6.2 DOSAGEM E PRODUÇÃO DOS CONCRETOS

### 6.2.1 Dosagem

O concreto foi dosado de acordo com o método empírico, que utiliza-se alguns traços já definidos por outros autores. Abaixo, traço escolhido para os ensaios:

Figura 4 – Traço escolhido para fazer os ensaios.

Resistência de Dosagem Esperada (MPa) na Idade (dias)				TRAÇO EM MASSA										TRAÇO EM VOLUME										TRAÇO PARA UM SACO DE CIMENTO (50 kg)			
				Para 1 kg de cimento			Para 1 metro cúbico					Para 1 kg de cimento			Para 1 metro cúbico					Areia (lata <sup>(2)</sup> )	Pedra (lata <sup>(2)</sup> )	Água (lata <sup>(2)</sup> )	Aditivo (ml)				
1	3	7	28	Areia (kg)	Pedra (kg)	a/c	Aditivo (%) <sup>(1)</sup>	Cimento (kg)	Areia (kg)	Pedra (kg)	Água (kg)	Aditivo (kg)	Areia (ℓ)	Pedra (ℓ)	a/c	Aditivo (%) <sup>(1)</sup>	Cimento (kg)	Areia (ℓ)	Pedra (ℓ)	Água (ℓ)	Aditivo (ℓ)	Areia (lata <sup>(2)</sup> )	Pedra (lata <sup>(2)</sup> )	Água (lata <sup>(2)</sup> )	Aditivo (ml)		
3	9	11	15	4,13	3,87	0,90	1,5	225	929	871	203	3,4	2,85	2,43	0,90	1,5	225	641	548	203	2,9	6,3	5,4	2,0	630		
5	12	16	20	3,45	3,35	0,75		265	914	888	199	4,0	2,38	2,11	0,75		265	630	558	199	3,4	5,3	4,7	1,7			
10	18	22	25	2,90	2,95	0,65		306	887	903	199	4,6	2,00	1,86	0,65		306	612	568	199	3,9	4,4	4,1	1,4			
13	23	26	30	2,59	2,71	0,59		337	873	913	199	5,1	1,79	1,70	0,59		337	602	574	199	4,3	4,0	3,8	1,3			
14	26	30	35	2,31	2,49	0,54		371	857	924	200	5,6	1,59	1,57	0,54		371	591	581	200	4,7	3,5	3,5	1,2			
16	28	34	40	2,02	2,28	0,51		408	824	930	208	6,1	1,39	1,43	0,51		408	568	585	208	5,1	3,1	3,2	1,1			
18	30	36	45	1,79	2,11	0,48		444	795	937	213	6,7	1,23	1,33	0,48		444	548	589	213	5,6	2,7	3,0	1,1			
20	32	40	50	1,57	1,94	0,44		487	765	945	214	7,3	1,08	1,22	0,44		487	528	594	214	6,1	2,4	2,7	1,0			

Fonte: Marcos R. Barbosa e Paulo Sérgio Bastos (2013).

O traço foi escolhido para resistência à compressão de 40 MPa para 28 dias, porém, conforme os resultados a comparação será feita com base na resistência de 30 Mpa. Os autores optaram em fazer o traço em volume, ou seja, calcular a quantidade de material para 1 metro cúbico de concreto correlacionado ao volume do corpo de prova e multiplicar pela quantidade de formas a serem ensaiadas. Não foram utilizados aditivos na misturas. Abaixo, tabela 2, com quantidade de cada material utilizado.

Tabela 2 – Quantitativo de materiais calculados para 10 corpos de prova.

QUANTIDADE DE MATERIAIS CALCULADOS					
Traço/Material	Cimento (kg)	Areia (l)	Brita (l)	Água (l)	EPS (l)
Convencional	7,700	8,300	9,400	4,030	-
Traço (1) 25	7,700	8,300	7,050	4,030	2,350
Traço (2) 50	7,700	8,300	4,700	4,030	4,700
Traço (3) 75	7,700	8,300	2,350	4,030	7,050

Fonte: Autores (2018)

Para melhor comparação dos dados e resultados dos concretos produzidos com EPS, foi utilizado o mesmo traço na produção de todos os concretos. A relação de consumo dos materiais utilizados em cada traço esta representada na Tabela 2.

### 6.2.2 Produção do Concreto Convencional

O concreto convencional foi confeccionado e moldado conforme o traço escolhido e com as normas NBR 12655/2015 e NBR 5738/2015. Para a composição do traço utilizou-se cimento CP V ARI FÁCIL (Cimento Portland Alto-Forno) e agregados, gráudo brita nº 2 e miúdo areia média de rio. O traço escolhido esta citado acima em massa com previsão de resistência a compressão de 40 MPa em 28 dias.

Foi utilizada uma betoneira para a mistura dos materiais, por isso foi necessário calcular uma proporção em m<sup>3</sup> de material de acordo com a quantidade de corpos de prova que foi ensaiado. Iniciou-se a preparação colocando primeiro a brita e metade da água. Deixou-os misturando por alguns instantes seguindo adicionando o cimento, a areia e o restante da água, deixando a mistura rodar na betoneira por aproximadamente 3 minutos. Após a mistura realizou-se o teste de abatimento do concreto, foi feito o procedimento conforme a descrito na norma NBR NM 67/1998, golpeando de forma correta e no tempo necessário. O resultado foi um abatimento de 7 cm. Na figura 5, procedimento utilizado para encontrar os resultados.

Figura 5 – Procedimento e abatimento do concreto convencional.



Fonte: Autores (2018)

### 6.2.3 Produção do Concreto com EPS

Para produzir o concreto com resíduos de EPS foram utilizadas as mesmas diretrizes apresentadas no item anterior para a confecção do concreto convencional, porém substituindo o EPS pela brita em percentuais diferentes. Foram produzidos três traços com 25%, 50% e 75% de EPS, denominados Traço 1 (25), Traço 2 (50) e Traço 3 (75), respectivamente. Todos os traços foram confeccionados a partir do traço original (figura 4), e calculados respectivamente a cada porcentagem. Os resultados do teste de abatimentos estão representados na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3 – Resultados do teste de abatimentos.

<b>RESULTADOS DO TESTE DE ABATIMENTOS</b>		
<b>Nome do Traço</b>	<b>%</b>	<b>Abatimento (cm)</b>
<b>Traço (1) 25</b>	25	8
<b>Traço (2) 50</b>	50	9
<b>Traço (3) 75</b>	75	9

Fonte: Autores (2018)

### 6.3 MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA

Os dois tipos de concretos foram moldados e curados de acordo com a NBR 5738/2015. Conforme a norma foram utilizados moldes cilíndricos de aço medindo 10 cm de diâmetro e 35 cm de comprimento. Os moldes e os materiais foram lubrificados com desmoldante antes de serem preenchidos com concreto. O adensamento foi feito manualmente pelos pesquisadores utilizando uma haste de aço de 60 cm. Foram introduzidas duas camadas de concreto nos moldes aplicando posteriormente doze golpes, repetindo o procedimento mais uma vez até cobrir os moldes. Para que não formasse vazios no concreto, foram aplicados alguns golpes do lado externo dos moldes para então finalizar a moldagem realizando o rasamento da superfície com o auxílio de uma colher de pedreiro. Após os procedimentos citados a cima, identificou-se os moldes com uma folha de papel e deixou-os em superfície plana por 24 horas, como mostra a (Figura 6) abaixo.

Figura 6 – Moldagem dos Corpos de Prova.



Fonte: Autores (2018)

Passado o tempo de cura inicial, os corpos de prova foram desmoldados (Figura 7) e levados para cura em água limpa e natural onde permaneceu submerso em caixa d'água fechada até as datas de respectivos rompimentos (Figura 8).

Figura 7 – Corpos de Prova Desenformados.



Fonte: Autores (2018)

Figura 8 – Cura dos Corpos de Prova.



Fonte: Autores (2018)

#### 6.4 PROPRIEDADES DOS CONCRETOS AVALIADOS

A resistência a compressão dos concretos foram determinadas de acordo com a NBR 5739 (ABNT,2007). O ensaio foi realizado aos 7, 14 e 28 dias por uma prensa hidráulica (Figura 9). Para cada dosagem foram ensaiados 10 corpos de prova, sendo 3 para rompimento de 7, 14 e 28 e 1 para reserva, caso acontecesse algum imprevisto.

Figura 9 – Prensa Hidráulica utilizada para encontrar a Resistência à Compressão.



Fonte: Autores (2018)

O resultado da prensa é dado em Tonelada Força (Tf), para achar resistência à compressão dos corpos de prova é necessário utilizar a fórmula citada abaixo:

$$F_c = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \times \frac{9810}{10^6}$$

Onde:

F<sub>c</sub>= Resistência à Compressão em Megapascais;

Q= Carga Máxima Alcançada em Tonelada Força;

D= Diâmetro do Corpo de Prova em Metros;

## 7 RESULTADOS

### 7.1 O CONCRETO NO ESTADO FRESCO

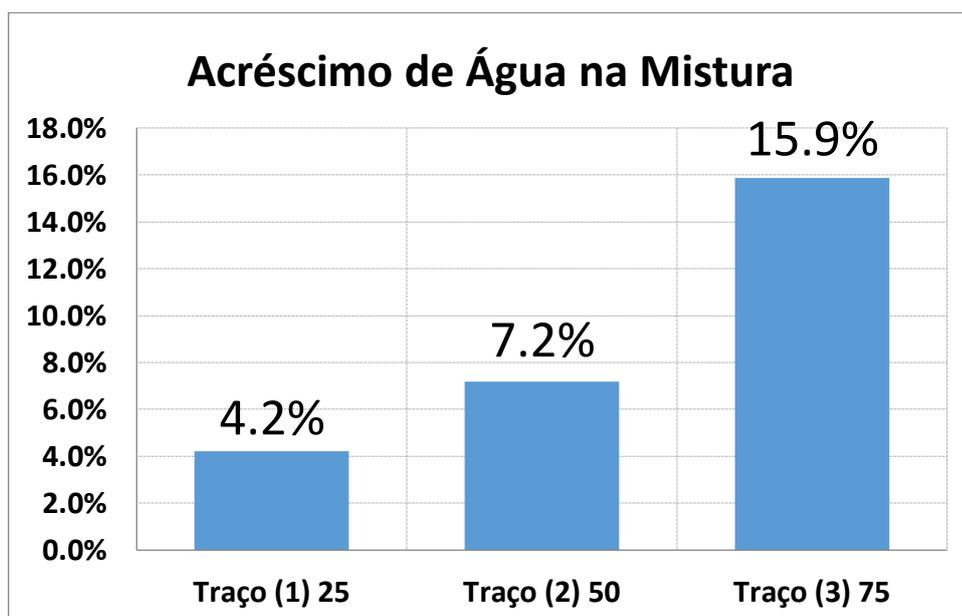
Foram utilizados os traços a cima para confecção dos corpos de prova. Calculando a quantidade e acrescentando aos poucos na mistura. A relação de água/cimento utilizados está na tabela abaixo:

Tabela 4 – Relação água/cimento dos concretos com EPS.

RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO			
Traço	Cimento (kg)	Água (l)	Relação A/C
Traço (1) 25	8,020	4,200	0,606
Traço (2) 50	8,210	4,320	0,545
Traço (3) 75	8,250	4,670	0,561

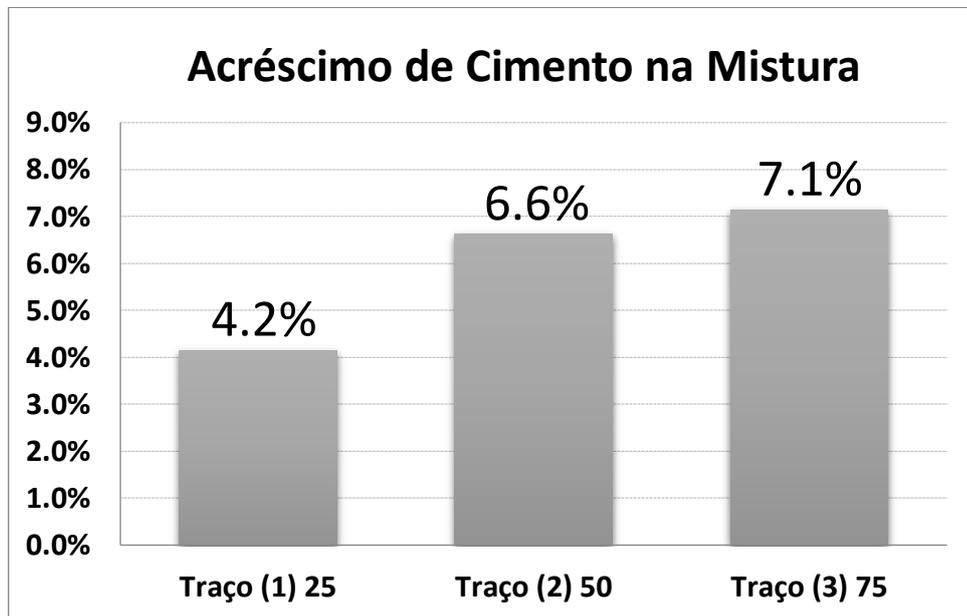
Fonte: Autores (2018)

Gráfico 1 – Acréscimo de água na mistura.



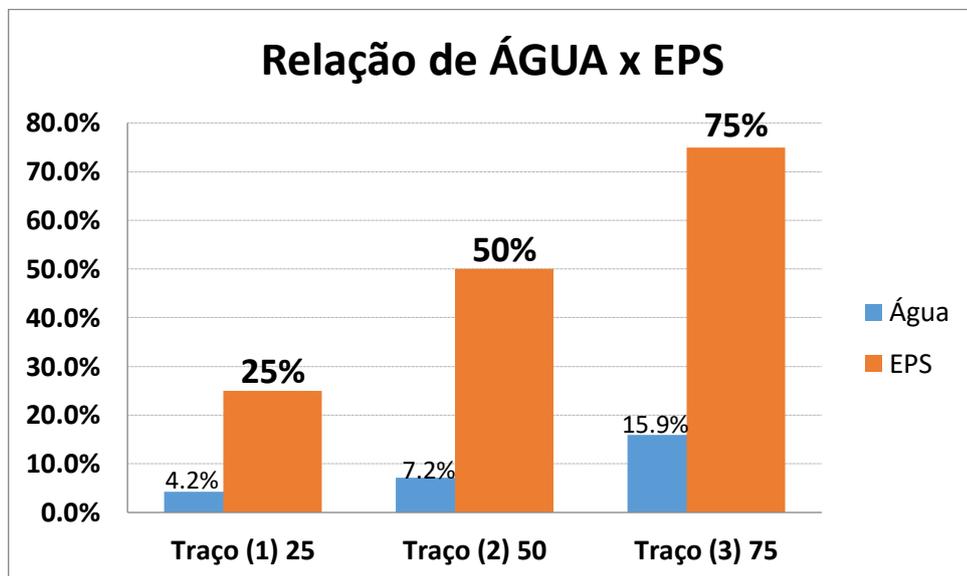
Fonte: Autores (2018)

Gráfico 2 – Acréscimo de cimento na mistura.



Fonte: Autores (2018)

Gráfico 3 – Aumento de água em relação ao EPS



Fonte: Autores (2018)

## 7.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O resultado da resistência à compressão serve para analisar as propriedades do concreto e ajudar em sua classificação. Através dos resultados os engenheiros e profissionais da área dimensionam grandes estruturas para suportar as cargas e os fenômenos da natureza.

Vários fatores contribuem para um resultado não satisfatório, uma das principais causas é a quantidade de água acrescentada na mistura, entre outras como, o procedimento de moldagem e cura. É de suma importância que ao confeccionar os corpos de prova, as regras e normas sejam seguidas corretamente dentro dos padrões da NBR, para que estas não venham interferir no resultado final da resistência do concreto.

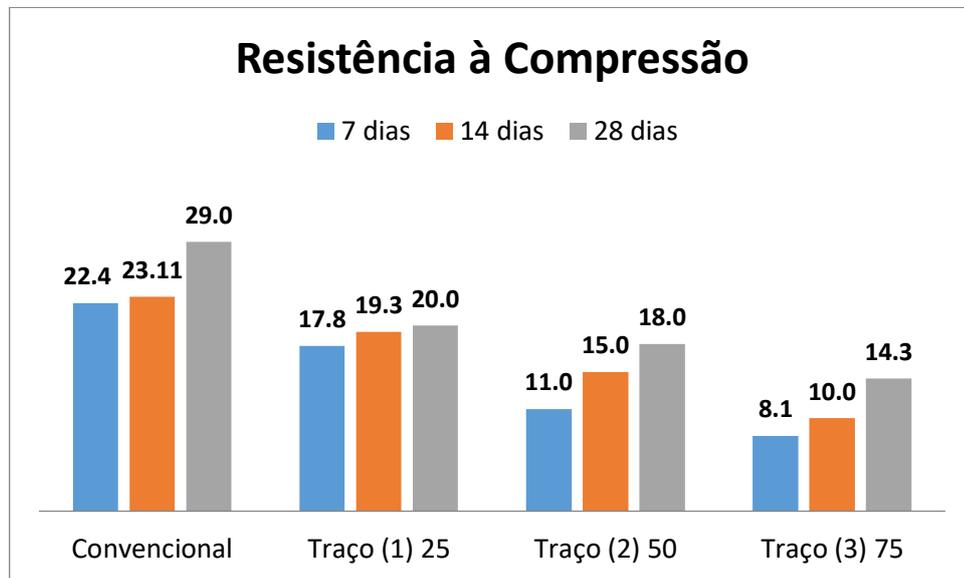
Este trabalho mostra os resultados à compressão nos períodos de 7, 14 e 28 dias, conforme as normas e suas especificações. Os resultados estão expostos na tabela 5 abaixo:

Tabela 5 – Resultados do ensaio de Resistência à Compressão em MPa.

<b>Mistura</b>	<b>7 dias</b>	<b>14 dias</b>	<b>28 dias</b>
<b>Convencional</b>	22,4	23,11	29,0
<b>Traço (1) 25</b>	17,8	19,3	20,0
<b>Traço (2) 50</b>	11,0	15,0	18,0
<b>Traço (3) 75</b>	8,1	10,0	14,3

Fonte: Autores (2018)

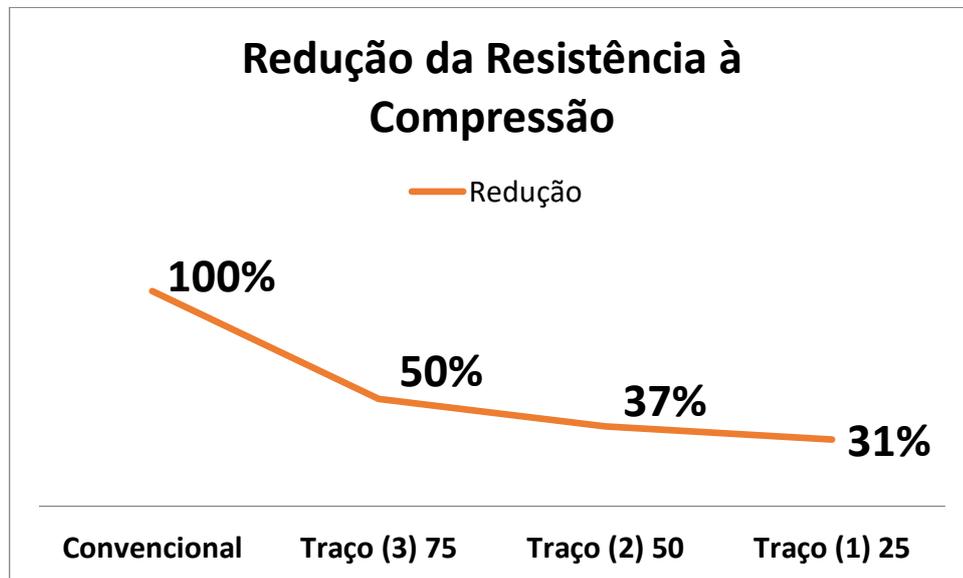
Gráfico 4 – Resultado da Resistência à Compressão.



Fonte: Autores (2018)

De acordo com o gráfico 5 abaixo, verifica-se que o concreto com 25% de EPS obteve um decréscimo de 31% no valor da resistência final aos 28 dias, comparado com o concreto convencional. O concreto com 50% de EPS obteve uma redução de 37% em relação ao convencional e o concreto de 75% reduziu 50% da resistência em comparação ao concreto de referência. Conclui-se que o EPS como agregado é o principal causador da perda de resistência do concreto.

Gráfico 5 – Redução da Resistência à Compressão.



Fonte: Autores (2018)

## 8 CONCLUSÃO

Espera-se que este trabalho tenha contribuído para mais uma etapa na busca por uma construção sustentável, viabilizando a utilização dos resíduos de EPS como agregado em concretos, sendo uma importante alternativa para diminuir o impacto ambiental causado por eles. Com base no tipo de agregado reciclado utilizado, no teor de substituição do agregado natural pelo reciclado e nos resultados encontrados nesta pesquisa, pode-se afirmar que:

- a) Quanto maior a adição do agregado EPS menor a resistência a compressão;
- b) O EPS é menos rígido e menos resistente, contribuindo para reduzir a resistência à compressão;
- c) A quantidade de água na mistura variou com a quantidade de EPS, ou seja, o agregado reciclado absorve uma determinada quantidade de água a mais.

Mediante ao estudo exposto, conclui-se que a adição de EPS como agregado graúdo não atingiu os resultados esperados, sendo assim inviável para a utilização em obras estruturais. Portanto, é necessário avaliar os parâmetros de aplicação para cada finalidade em que esse concreto será aplicado. É importante também estudar outras propriedades deste concreto como, seu índice de vazios, absorção de água, modo de elasticidade, entre várias outras propriedades que caracterizam o concreto para determinada aplicação.

Vale ressaltar que é necessário também, avaliar outras misturas com teores diferentes deste trabalho, ensaiar com a mistura de aditivo e sempre lembrar que quanto mais EPS mais água terá que utilizar, que gera uma queda muito significativa na resistência à compressão.

Com a idéia de contribuir para o aumento do conhecimento sobre o tema e estender as pesquisas de idéias sustentáveis, abaixo sugestões para continuação de trabalhos futuros:

- ✓ Caracterizar se o concreto pode ser utilizado como leve ou estrutural;

- ✓ Analisar a viabilidade econômica e financeira do concreto composto por esses resíduos;
- ✓ Ensaiar diversas misturas, assim como, porcentagens diferentes e utilização de aditivos na mistura;

## REFERENCIAS

HELENE, Paulo. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. Projeto de divulgação tecnológica. São Paulo, abril de 2002.

NICOLA, Andrei. **Blocos de concreto**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Do Tocantins Curso De Engenharia Florestal. Gurupi, novembro de 2010.

BRASIL, Eps. **EPS: Material 100% reciclável**. Site de fornecedor; São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.epsbrasil.eco.br/>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

PORTAL DO CONCRETO. **Concreto**. Site de fornecedor; São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/concretos.html>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

PINHEIRO, Libânio M.; MUZAERDO, Sandro P.; SANTOS, Sandro P.; CATOIA, Bruna. **Características do concreto**. Artigo técnico. USP – EESC – Departamento de Engenharia de Estruturas. Capítulo 2, março de 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12655 - Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5738 – Concreto – Procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5739 – Concreto – Ensaio de Compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5735 – Cimento Portland de Alto Forno**. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8953 – Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9778 – Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica.** Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7211 – Agregados para concreto - Especificação.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7212 – Execução de concreto dosado em central - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

BRASIL ESCOLA. **Pesquisas: Exploratória, descritiva e Explicativa.** Monografias Brasil Escola; São Paulo, 2012. Disponível em: <<https://monografias.brasilecola.uol.com.br/regras-abnt/pesquisas-exploratoria-descritiva-explicativa.htm>>. Acesso em: 12 julho. 2018.