

**UNIEVANGÉLICA – CAMPUS CERES**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Elis Kran Pedroso Sales de Lira  
Gustavo Henrique Parreira do Carmo**

**SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO DO CONCRETO POR  
POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS NÃO  
ESTRUTURAIS EM CONCRETO LEVE**

**PUBLICAÇÃO N°: XXXXXX**

**CERES / GO**

**2021**

**Elis Kran Pedroso Sales de Lira  
Gustavo Henrique Parreira do Carmo**

**SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO DO CONCRETO POR  
POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS NÃO  
ESTRUTURAIS EM CONCRETO LEVE**

**PUBLICAÇÃO Nº: XXXXX**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

**ORIENTADORA: Ma. Jéssica Nayara Dias**

**CERES / GO: 2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

CARMO, GUSTAVO HENRIQUE PARREIRA DO;  
LIRA, ELIS KRAN PEDROSO SALES DE

Substituição do agregado graúdo do concreto por poliestireno expandido (EPS) na fabricação de elementos não estruturais em concreto leve. 2021

(Universidade Evangélica de Goiás, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - Unievangélica

Curso de Engenharia Civil.

- |                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| 1. EPS                  | 2. Agregado Leve   |
| 3. Compósito cimentício | 4. Concreto leve   |
| I. ENC/UNI              | II. Título (Série) |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARMO, G. H. do. LIRA, E. K. P. de. Substituição do agregado graúdo do concreto por poliestireno expandido (EPS) na fabricação de elementos não estruturais em concreto leve. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Ceres, GO, 17p. 2021.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Elis Kran Pedroso Sales de Lira, Gustavo Henrique Parreira do Carmo

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Substituição do Agregado Graúdo do Concreto por Poliestireno Expandido (EPS) na Fabricação de Elementos Não Estruturais Em Concreto Leve.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2021

É concedida à Unievangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Elis Kran Pedroso Sales de Lira  
76300-000 - Ceres/GO – Brasil  
eliskran@outlook.com

---

Gustavo Henrique Parreira do Carmo  
76300-000 - Ceres/GO – Brasil  
gustavo.h111.gh16@gmail.com

**ELIS KRAN PEDROSO SALES DE LIRA  
GUSTAVO HENRIQUE PARREIRA DO CARMO**

**SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO DO CONCRETO POR  
POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS NÃO  
ESTRUTURAIS EM CONCRETO LEVE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

**APROVADO POR:**

---

**Jéssica Nayara Dias, Mestra (UniEvangélica – Campus Ceres)  
(ORIENTADORA)**

---

**Rodrigo Nascimento Portilho de Faria, Mestre (UniEvangélica – Campus Ceres)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**Vilson Dalla Libera Junior, Mestre (UniEvangélica – Campus Ceres)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: CERES/GO, 04 de Junho de 2021.**

# **SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO DO CONCRETO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS NÃO ESTRUTURAIS EM CONCRETO LEVE**

Elis Kran Pedroso Sales de Lira<sup>1</sup>  
Gustavo Henrique Parreira do Carmo<sup>2</sup>  
Jéssica Nayara Dias<sup>3</sup>

## **RESUMO**

A Engenharia Civil é um dos setores que mais impacta diretamente o meio ambiente, e o setor da construção civil também vem apresentando um elevado crescimento nos últimos anos. Assim, é viável buscar maneiras de potencializar a substituição de materiais de origem natural, que são utilizados pelo setor, principalmente no concreto, que ainda é o principal material utilizado para a fabricação de estruturas. Desse modo, o presente artigo teve como objetivo principal realizar a substituição parcial do agregado graúdo do concreto não estrutural (concreto leve), por perolas de Poliestireno Expandido (EPS), visando avaliar a sua trabalhabilidade e sua resistência mecânica. Para tanto, foi realizado um programa experimental no laboratório de materiais do Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica, onde foram moldados corpos de provas cilíndricos com a substituição parcial da brita (agregado graúdo) pelo EPS nas proporções de 10%, 30% e 40%, além do concreto convencional para comparação. Ao todo, foram moldados 40 corpos de prova, 10 de cada fração. Como resultado, foi possível observar diferenças de volume, densidade e resistência entre o concreto de referência e àqueles com as substituições indicadas. A resistência à compressão do concreto, ensaio de referência realizado, e a trabalhabilidade do material reduziram gradativamente a medida em que se aumentou a proporção da substituição do agregado graúdo pelo EPS. No entanto, uma das porcentagens de substituição, a de 10%, apresentou um resultado de resistência satisfatório, com média superior a 20 MPa, que é o valor mínimo considerado para classificar um concreto com finalidade estrutural.

**Palavras-chave:** EPS; Agregado leve; Compósito Cimentício; Concreto leve.

---

Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: eliskran@outlook.com

<sup>2</sup> Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: gustavo.h111.gh16@gmail.com

<sup>3</sup> Mestra, professora do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: jessicadias.engenharia@gmail.com

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Sustentabilidade na construção civil.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Concreto e Concreto Leve.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Poliestireno Expandido (EPS) .....</b>	<b>7</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 Materiais.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2 Caracterização dos Agregados .....</b>	<b>9</b>
<b>3.3 Produção do Concreto.....</b>	<b>9</b>
<b>3.4 Caracterização Física e Mecânica .....</b>	<b>11</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>4.1 Resultados do <i>Slump Test</i>.....</b>	<b>11</b>
<b>4.2 Resultados dos ensaios à compressão .....</b>	<b>12</b>
<b>4.3 Fratura.....</b>	<b>14</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>15</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>16</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da população e o conseqüente aumento da demanda por habitação têm levado os países em desenvolvimento a buscarem novas alternativas, especialmente aquelas voltadas para o aproveitamento dos recursos naturais locais e dos subprodutos gerados em atividades industriais. Sendo um dos setores que mais impactam diretamente o meio ambiente, a construção civil vem sendo alvo de inúmeras pesquisas visando a substituição de compostos naturais, como os agregados graúdos, principalmente aqueles que seriam descartados no meio ambiente (MACEDO, 2009). Levando em consideração ainda que a Engenharia Civil é uma área que vem apresentado um grande crescimento nos últimos anos, é viável buscar maneiras de se potencializar essa substituição de materiais de origem natural que são utilizados pelo setor, principalmente no concreto, que ainda é o principal material utilizado para a fabricação de estruturas.

O concreto é um material que apresenta propriedades que o classificam como um material de elevada resistência e que, dificilmente, poderá ser substituído por outros materiais. O concreto estrutural tradicional responde por uma grande parcela do peso próprio de qualquer estrutura, o que impacta diretamente no custo da fundação (ROSSIGNOLO, 2009). Como uma forma de tornar o concreto um material mais leve e ainda reduzir o uso de um agregado natural na sua fabricação, a utilização do Poliestireno Expandido (EPS) em substituição ao agregado graúdo, totalmente ou em proporções, vem sendo atualmente estudado.

O EPS é utilizado na construção civil há pelo menos 30 anos, sendo que o seu ápice ocorreu no início dos anos 90 na indústria norte-americana. Por volta de 2010 essa tecnologia começou a ser implantada no Brasil. Ele se tornou um material vantajoso para ser utilizado na construção civil, pois apresenta características como: leveza, baixa condutividade térmica, resistência mecânica e fácil manuseio (ABRAPEX, 2015). Atualmente, é o componente principal na produção do concreto leve (STOCCO, RODRIGUES E CASTRO, 2009).

Segundo Tessari (2006) a maioria das vantagens inerentes ao concreto leve se deve ao fato deste possuir uma maior quantidade de vazios que o convencional. Assim, destacam-se características como a melhoria da relação à melhoria do isolamento térmico e/ou acústico de edificações, conforme mencionado anteriormente, sem aumentar a espessura das camadas de concreto.

O concreto com EPS pode ser aplicado em diversos tipos de construções, como, elemento de vedações internos (paredes), tijolos, elementos vazados ou blocos de concreto leves, muros exteriores sem carga, revestimentos de fachadas, pré-fabricados, isolante térmico e acústico de lajes (STOCCO, RODRIGUES E CASTRO, 2009). É importante destacar que, de forma geral, este é aplicável onde não haja exigência de resistência a grandes esforços (ABRAPEX, 2015).

Na produção do concreto leve, as pérolas de EPS servem de elementos de preenchimento e são incorporadas a elementos de maior peso (cimento, areia e o adesivo) para que se obtenha um concreto de maior resistência após a cura. No processo de fabricação do concreto leve, a porcentagem de pérolas expandidas varia em relação ao volume do concreto (STOCCO, RODRIGUES e CASTRO, 2009).

A crescente preocupação com o meio ambiente vem fazendo com que se busque alternativas construtivas de menor impacto no setor da Construção Civil. Com isso, materiais diversos começam a ser testados, de diferentes formas, visando atender a esse quesito.

O isopor, nome popular dado ao EPS, é um material versátil dentro da construção civil. Segundo Oliveira (2013), os agregados de isopor podem substituir em parte ou completamente os agregados graúdos comumente usados no concreto ou a areia, no caso de massas cimentícias. No entanto, apesar de já se saber das vantagens que a substituição parcial do EPS na matriz cimentícia promove, essa redução na massa específica, por si só, não é suficiente para tornar o

compósito apto ao uso, sendo necessário ainda a verificação de suas propriedades mecânicas, que irão assegurar a qualidade e durabilidade da estrutura.

Diante do exposto, o presente trabalho comparou os ensaios experimentais do concreto convencional com o concreto com a substituição parcial do agregado graúdo pelo poliestireno expandido (EPS) nas porcentagens: 10%, 30% e 40%. Os parâmetros de interesse são: volume, densidade e resistência.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Sustentabilidade na construção civil**

A sustentabilidade ambiental é corretamente definida por focar em seus aspectos geofísicos, o que significa manter ou melhorar a integridade dos sistemas de suporte à vida da Terra (MOLDAN et al 2012). A sustentabilidade econômica, é algo de extrema importância para o desenvolvimento e crescimento de empresas, cidades, países. O desenvolvimento econômico deve estar ligado a sustentabilidade ambiental, para manter sempre a vitalidade e o crescimento de ambos.

Em 1951, Leontief apresentou que a estrutura econômica pode ser modelada efetivamente por um mapa de fluxo, que é um mapa de entrada e saída, seja de bens, serviços, dinheiro ou entre empresas, ou seja, conectividade entre meio ambiente e economia se torna indispensável para o crescimento de uma empresa ou nação (GOEMER, LIETAER, e ULANOWICZ, 2009).

A sustentabilidade está a cada dia mais sobrejacente, inclusive nos canteiros de obras e nos escritórios de engenharia civil. Por se tratar de uma área que utiliza muitos recursos naturais, os profissionais nos tempos atuais estão buscando formas de economizar e otimizar materiais e recursos que poderiam ser descartados dando uma nova função a eles. As dimensões sobre sustentabilidade estão ligadas as questões ambientais, econômicas e sociais, porém, na construção civil não é tão voltada para questões sociais, quanto nas outras duas citadas.

Segundo Goodland and Ledec (1987), a engenharia é um dos setores que mais utiliza insumos naturais, renováveis e não renováveis. Devido a isso são feitos inúmeros estudos para auxiliar profissionais sobre o desenvolvimento sustentável, acerca de uma maneira de utilização correta dos recursos, evitando sua degradação, afim de permitir que as próximas gerações usufruam desses mesmos recursos.

### **2.2 Concreto e Concreto Leve**

O concreto é um material criado pelo homem para substituir a pedras. Trata-se de um material que resiste bem a compressão, mas, para resistir a tração, é necessário a incorporação do aço, o que dá origem ao concreto armado. Os primeiros relatos sobre a utilização do concreto são de aproximadamente 2000 anos atrás, na Roma. O concreto é a combinação de cimento com agregado graúdo, agregado miúdo e água e este deve adquirir, após a moldagem, resistência adequada à sua finalidade. Em relação a sua forma, o mesmo pode ser moldado em qualquer forma, dependendo da necessidade de cada projeto (PORTAL DO CONCRETO, 2014).

O desenvolvimento tecnológico, associado a necessidades ambientais, fez com que surgissem novas pesquisas com a adição de novos materiais na matriz cimentícia ou ainda a substituição de componentes da mesma, visando contribuir ecologicamente e ainda melhorar características do material. O poliestireno expandido (EPS) é um exemplo, que, apesar de ser mais difundido atualmente, começou a ser testado em 1952 na BASF na Alemanha. No entanto, na época, devido ao elevado valor do EPS, o desenvolvimento das pesquisas acerca do concreto leve foi lento. O EPS serve como elemento de enchimento no concreto (CARVALHO e MOTTA, 2019).

No processo de execução do concreto leve, a porcentagem de pérolas expandidas está entre 60 e 70% do volume do concreto e o restante é mesclado pela estrutura do mesmo, decisiva para porcentagem do consumo do cimento. O material concreto leve possui baixa condutividade térmica, não permite que o calor externo se propague para o ambiente interno, nem que o interno seja transferido para o externo, garantindo conforto térmico à construção. Além disso, sua versatilidade em ser moldado em vários tamanhos e modelos é uma outra grande vantagem. Ainda, tem baixa absorção à água, portanto, não retém umidade (WAGNER, 2020).

O concreto com EPS pode ser usado em muitos tipos de construção como: Tijolos ou blocos de concreto leve; Elementos vazados de concreto leve; Revestimento de fachadas com concreto leve; Casas pré-fabricadas; Muros exteriores sem carga; Resistência à propagação do fogo; Isolante térmico e acústico de lajes; Isolante térmico; Isolante acústico; Elementos de vedação internos (paredes); Pré-fabricados. O concreto leve não deve ser utilizado em estruturas que recebem uma grande carga (COMBEGE, 2019).

Para que seja viável a utilização de concretos leves estruturais, Farmington Hills et al. (2014) define que a resistência mínima do material deve ser de 17 MPa, e a massa específica compreendida entre 1350 kg/m<sup>3</sup> e 1900 kg/m<sup>3</sup>. Segundo Maycá et al. (2008), os tipos mais comuns de concreto leve são o celular espumoso, com EPS (Poliestireno Expandido), com pedra pomes e com argila expandida.

### 2.3 Poliestireno Expandido (EPS)

O Poliestireno Expandido (EPS), comumente chamado de “Isopor”, foi descoberto por um laboratório da BASF na Alemanha em 1949. Ele pertence ao grupo dos plásticos recicláveis, com a sua composição a partir de polímeros derivados do petróleo. O poliestireno tem a capacidade de expandir até 50 vezes o seu tamanho e quando expandido sua composição é de 98% de ar e 2% de poliestireno.

“O EPS tem dois segmentos: recortados e moldados, os recortados são as placas de poliestireno que são mais direcionadas para a construção civil, enquanto os moldes são as peças produzidas, como embalagens de eletrodomésticos, por exemplo. Os recortados possuem a densidade mínima de 10kg/m<sup>3</sup> e no máximo de 35kg/m<sup>3</sup>, já os moldados possuem a densidade que varia de 16,5 kg/m<sup>3</sup> a 90kg/m<sup>3</sup>. Os recortados ainda possuem, mas algumas classificações, que vão depender das suas características técnicas, como densidade, resistência a temperatura e a pressão, flamabilidade e absorção de líquidos.” (MUNDO DO ISOPOR,2017). Para chegar ao formato como é comercializado, mostrado na Figura 1, o EPS passa pelo método de produção apresentado no Quadro 1, segundo Mundo do Isopor (2020):

Figura 1 – Poliestireno Expandido.



Fonte: eCycle (2020)

Quadro 1 – Processo de conformação das pérolas de EPS

<b>Etapas</b>	<b>Descrição do processo</b>
Pré-expansão	Essa fase é responsável por reduzir a densidade da matéria-prima e promover a expansão das pérolas de EPS. Durante esse processo, o vapor penetra na pérola mais rápido que a saída do gás pentano (presente no grânulo de poliestireno), criando assim uma pressão dentro da célula suficiente para aumentar o tamanho da pérola.
Silo	Após a pré-expansão, as pérolas descansam por um período de 6 horas antes de serem injetadas no molde, ou serem destinadas a outras aplicações, como o preenchimento de produtos, embalagens e brinquedos.
Moldagem	Nessa etapa, o material ganha forma a partir da injeção das pérolas em moldes com ar comprimido ou vácuo, resultando em caixas e placas de diferentes tamanhos e densidades.
Finalização	Após a injeção nos moldes, as peças são expostas ao vapor novamente, que funde o material e garante o acabamento desejado ao produto.

Fonte: Mundo do Isopor (2020)

Os EPS são separados por classes, cada uma possuindo características e particularidades diferentes, algumas possuem características que não retardam chamas, como T1 a T7, a cerca dessas essas classes, quando o número que acompanha a letra for diminuindo a densidade do EPS também diminui, e na medida que o número que acompanha a letra ‘T’ vai crescendo a densidade também vai crescendo. Por exemplo o T3 que o EPS mais utilizado na construção de lajes tem a sua densidade nominal de 14 kg/m<sup>3</sup>, enquanto o T7 tem a densidade de 32,5 kg/m<sup>3</sup>. A classe F1 a F7 seguem o mesmo princípio que a classe T, com a diferença que possuem o retardador de chamas. (MUNDO DO ISOPOR,2017). A Figura 2 mostra os tipos de perolas de EPS com seus variados tamanhos.

O poliestireno expandido (EPS) é um tipo de agregado de baixo peso, possui uma densidade inferior a 300 kg/m<sup>3</sup>. Devido sua baixa densidade, pode ser utilizado na fabricação de concretos leves, de baixa densidade, podem ser aplicados em revestimentos, blocos de concreto, piso, muros (STRECKER; SILVA; PANZERA, 2014). Esta técnica busca, a diminuição do descarte das sobras de poliestireno (EPS) no meio ambiente, evitando a contaminação dos solos e a degradação do meio ambiente.

Figura 2 – Tamanho das pérolas de EPS



Fonte: eCycle (2020)

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Materiais

Foram utilizados como materiais para a execução de concreto leve (Figura 3): Cimento Portland CP II F32, brita 1 como agregado graúdo por ser um tipo de brita que não é tanto utilizada, areia media como agregado miúdo, pérolas de EPS com dois diâmetros variados entre 2 a 5 mm, disponibilizadas pelo laboratório de materiais da UniEVANGÉLICA - Campus Anápolis, e água, fornecida pela concessionária local.

Figura 3 – Materiais utilizados: (a) areia media; (b) brita 1; (c) cimento; (d) água e (e) EPS.



Fonte: Próprios autores (2021)

#### 3.2 Caracterização dos Agregados

A massa específica do agregado graúdo foi determinada segundo a NBR NM 53 (ABNT, 2019), e a do agregado miúdo segundo a NBR NM 52 (ABNT, 2009). A caracterização da granulometria foi feita e calculada de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003), no laboratório de materiais do Centro Universitário UNIEVANGÉLICA - Campus Anápolis.

#### 3.3 Produção do Concreto

Foram fabricados quatro traços diferentes de concreto: o primeiro foi sem nenhuma substituição, sendo o traço de referência, composto pelas proporções 1; 1,58; 2; 0,49. Os outros três traços são aqueles que tiveram uma parcela do agregado graúdo sendo substituída por pérolas de EPS em volume nas seguintes porcentagens definidas: 10%, 30% e 40%. O processo de fabricação dos corpos de prova foi realizado segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015). Seguindo os procedimentos indicados por norma, os materiais foram misturados em uma betoneira com a capacidade de 250 litros. Primeiro adicionou-se a brita, areia, cimento e um pouco da água, em seguida, após uma mistura prévia, foi adicionado o EPS, na porcentagem prevista para a betonada, e o restante da água. A massa de concreto obtido pode ser visualizada na Figura 4.

Figura 4 – Massa de concreto leve.

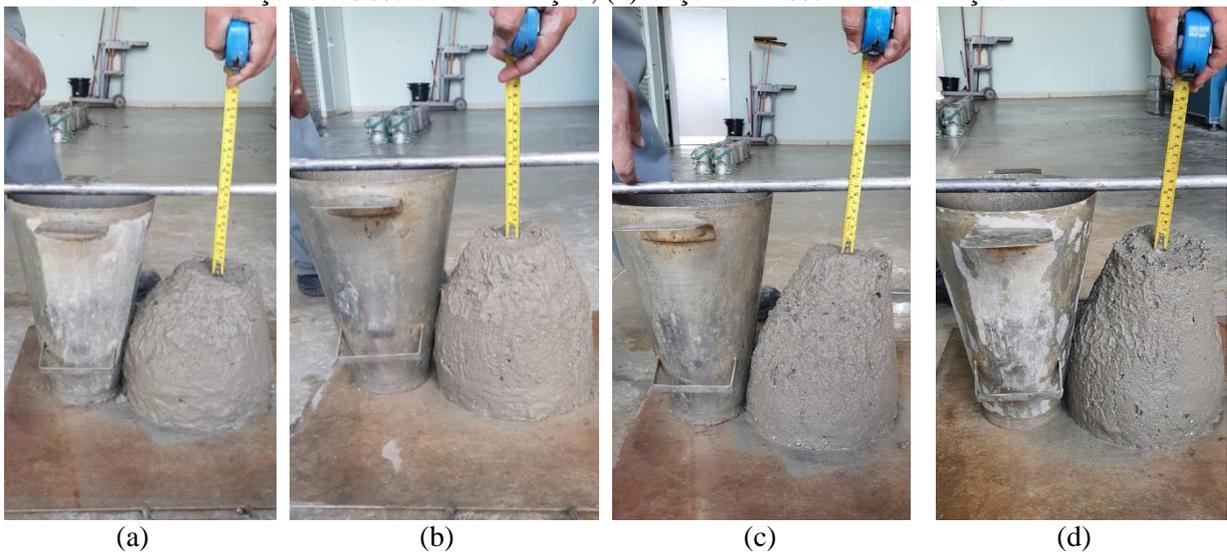


Fonte: Próprios autores (2021)

Após observar a homogeneidade do concreto obtido, foi realizado o *slump test* para cada traço (Figura 5), o que se deve a necessidade de verificar a consistência do concreto, e em seguida os corpos de prova foram moldados. Os corpos de prova foram moldados utilizando moldes metálicos com a dimensão de 20 x 10 cm, seguindo a norma NBR 5738 (ABNT, 1993). Para a preparação colocou-se 50% do concreto nos moldes e realizou-se o adensamento com 12 golpes na camada, após, foi colocado o restante do concreto e o adensamento foi novamente realizado. No total, foram produzidos 40 corpos de prova, 10 de concreto convencional, seguindo o traço referência, e os outros 30 corpos de prova foram divididos em três traços, com a substituição do agregado graúdo (brita) por EPS nas proporções de 10%, 30% e 40%. Os corpos de prova de cada traço, após a moldagem, são apresentados na Figura 6.

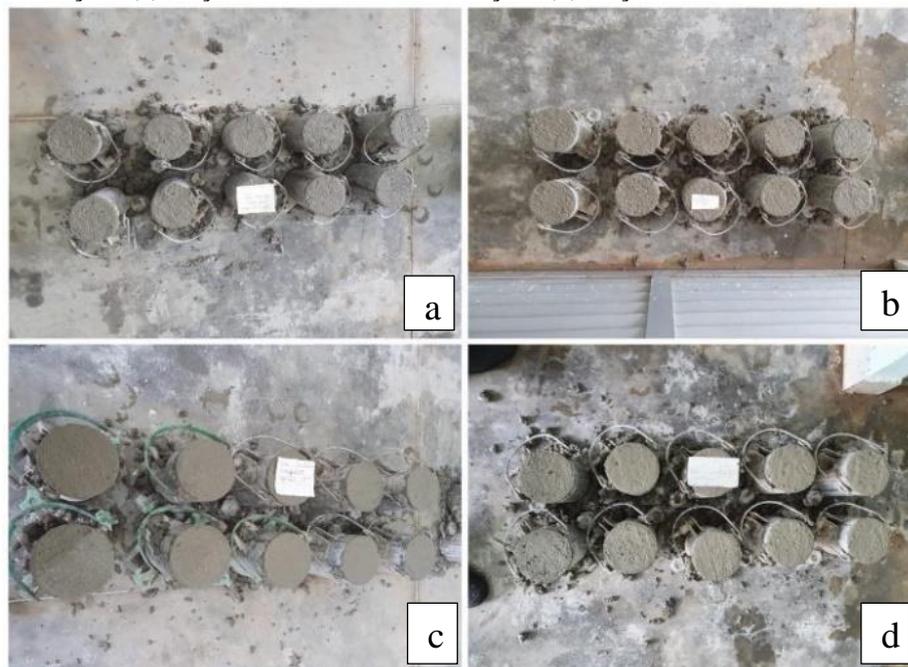
Após 24 horas da moldagem, os corpos de prova foram desinformados e colocados em cura úmida por imersão, onde permaneceram até a data de realização dos testes mecânicos, conforme recomenda a NBR 5738 (ABNT, 2015).

Figura 5 – Resultado do *Slump test*: (a) traço de referência; (b) traço com 10% de substituição; (c) traço com 30% de substituição; (d) traço com 40% de substituição



Fonte: Próprios autores (2021)

Figura 6 – Corpos de Prova após a moldagem: (a) traço de referência; (b) traço com 10% de substituição; (c) traço com 30% de substituição; (d) traço com 40% de substituição.



Fonte: Próprios autores (2021)

### 3.4 Caracterização Física e Mecânica

Após passar pelo processo de cura, os mesmos foram submetidos a testes de resistência a compressão, conforme a NBR 5739 (ABNT, 1993), utilizando os equipamentos disponíveis no Laboratório de materiais do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. Os ensaios foram realizados em duas idades distintas do concreto, aos 7 e aos 28 dias.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultados do *Slump Test*

O *slump test* é realizado com o intuito de verificar a consistência do concreto, o mesmo foi feito, conforme o item 3.3 deste trabalho para cada traço. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado do *slump test* para cada traço

Traço	Abatimento (cm)
Referência	12,0
10% de substituição	10,0
30% de substituição	8,5
40% de substituição	8,0

Fonte: Próprios autores (2021)

Conforme pode-se observar na tabela 1, o teste mostrou que quanto maior a substituição do agregado graúdo por EPS no concreto, menor é a sua trabalhabilidade. Segundo Rossignolo (2009), uma das principais consequências da substituição de agregado natural por agregado leve na produção do concreto é a alteração em propriedades específicas do concreto, principalmente a trabalhabilidade. Outras propriedades como a estabilidade dimensional, resistência mecânica e atividade térmica também podem sofrer alterações.

Com a trabalhabilidade reduzida, o manuseio do concreto fica mais difícil, o concreto fica mais seco o que torna a utilização dele inviável em alguns tipos de concretagem.

#### 4.2 Resultados dos ensaios à compressão

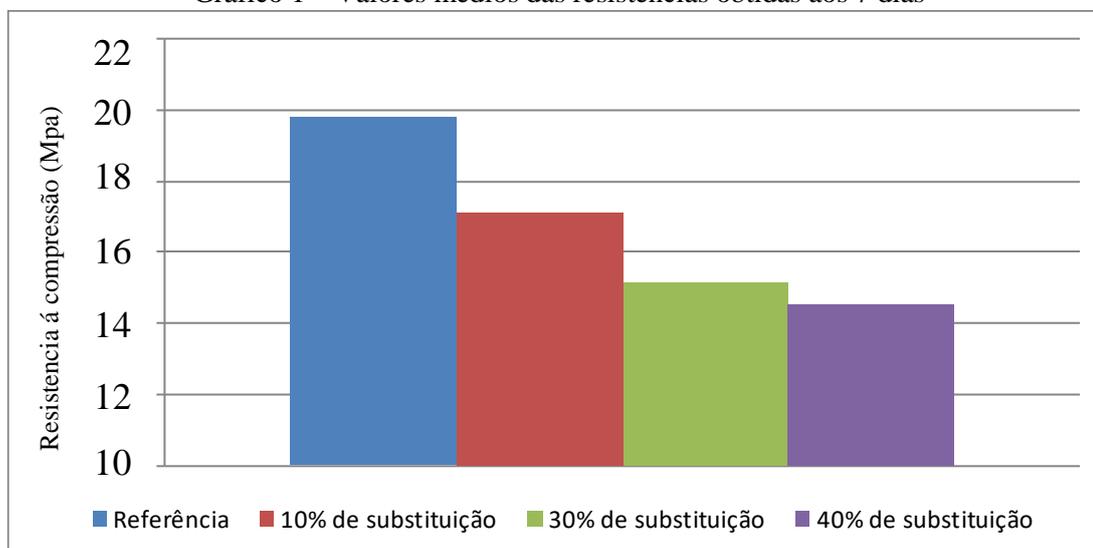
Os procedimentos de ensaio foram baseados na NBR 5739 (ABNT, 1994), sendo a carga máxima o parâmetro utilizado para o controle de qualidade do concreto. A Tabela 2 apresenta os valores obtidos de resistência à compressão aos 7 dias de idade do concreto, em MPa, para cada grupo de corpos de prova fabricados. É apresentado ainda a média aritmética para cada um desses grupos. No Gráfico 1 é possível observar a comparação entre os valores médios obtidos.

Tabela 2 – Resultado dos testes à compressão aos 7 dias por grupo

Traço	Carga Ruptura (kgf)	Resistência (MPa)	Média (MPa)
Referência	15.800	19,7	19,8
	16.620	20,8	
	15.280	19,1	
	15.100	18,9	
	16.450	20,5	
10% substituição	11.240	14,0	17,12
	14.110	17,6	
	13.770	17,2	
	15.170	18,9	
	14.320	17,9	
30% substituição	13.350	16,7	15,14
	12.540	15,7	
	11.050	13,8	
	12.720	15,9	
	10.870	13,6	
40% substituição	11.570	14,4	14,56
	11.800	14,7	
	12.190	15,2	
	11.400	14,2	
	11.470	14,3	

Fonte: Próprios autores (2021)

Gráfico 1 – Valores médios das resistências obtidas aos 7 dias



Fonte: Próprios autores (2021)

Conforme é possível observar no Gráfico 1, à medida que elevou-se a porcentagem de adição do EPS na mistura, em substituição ao agregado graúdo, a resistência do concreto caiu, em comparação ao traço de referência, de modo que com 40% de substituição essa queda foi de 26,57%, que é um valor bastante significativo. Para as porcentagens de 10% e 30% essa queda de resistência foi de 13,54% e 23,54%, respectivamente. A queda na resistência é justificável, Rossignolo (2009) ressalta que esses agregados, considerados leves, podem interferir na qualidade da mistura, e a resistência destes agregados está sim ligada diretamente a resistência do concreto.

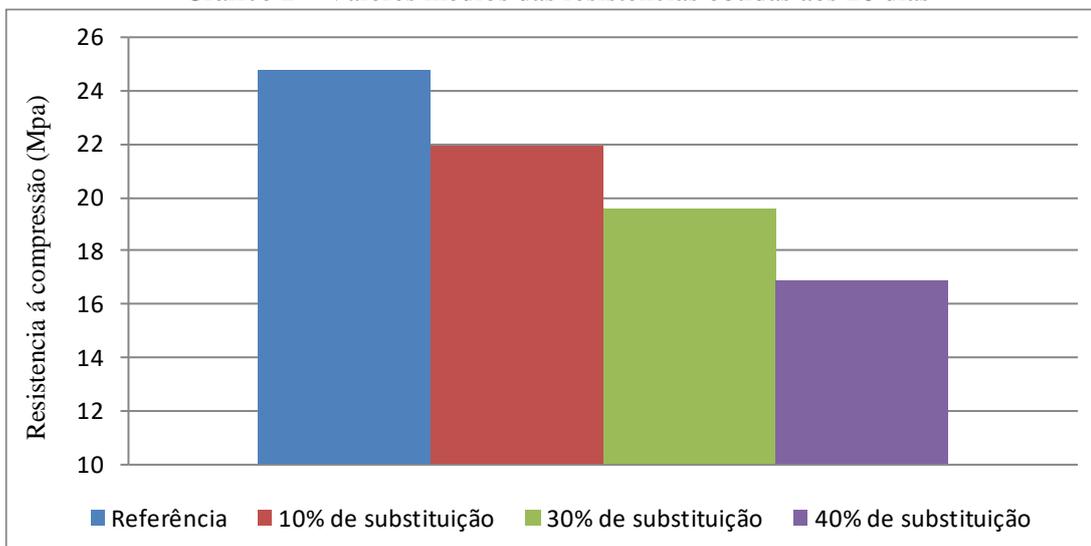
A Tabela 3 apresenta os valores obtidos de resistência à compressão aos 28 dias de idade do concreto, em MPa, para cada grupo de corpos de prova, com suas respectivas médias aritméticas. No Gráfico 2 é possível observar a comparação entre os valores médios obtidos.

Tabela 3 – Resultado dos testes à compressão aos 28 dias por grupo

Traço	Carga Ruptura (kgf)	Resistência (MPa)	Média (MPa)
Referência	19.860	24,8	24,78
	18.740	23,4	
	20.390	25,5	
	19.990	25,0	
	20.150	25,2	
10% substituição	18.520	23,1	21,98
	17.710	22,1	
	18.190	22,7	
	17.010	21,2	
	16.630	20,8	
30% substituição	15.200	19,0	19,56
	13.710	17,1	
	14.740	18,4	
	15.890	19,8	
	13.090	16,3	
40% substituição	14.240	17,8	16,88
	11.360	14,2	
	14.540	18,2	
	14.250	17,8	
	13.170	16,4	

Fonte: Próprios autores (2021)

Gráfico 2 – Valores médios das resistências obtidas aos 28 dias



Fonte: Próprios autores (2021)

Conforme ocorreu para a análise aos 7 dias de idade, houve uma queda da resistência com o aumento da porcentagem de substituição de EPS inserida à matriz cimentícia. Segundo a NBR 8953 (ABNT, 2015) para que o concreto seja considerado com finalidade estrutural este precisa apresentar uma resistência à compressão superior a 20 MPa. Desse modo, para os valores de resistência à compressão obtidos aos 28 dias de idade neste estudo, somente a substituição de 10% de agregado graúdo por EPS atende a esse requisito, apresentando média de resistência de 21,98 MPa e tendo valor individual de um corpo de prova atingindo 23,1 MPa. Se comparado com o concreto de referência, com média de 24,78 MPa, observa-se que a queda da resistência para essa porcentagem foi de 11,3%, que é bem menor que a queda apresentada para a porcentagem de 30% de substituição, de 21,07%, e para a porcentagem de 40% de substituição, com valor de 31,88%.

Com os resultados obtidos notamos que podemos aplicar esse método em elementos não estruturais em que o material não precise de tanto suporte desde que as proporções do EPS estejam dentro do limite.

### 4.3 Fratura

Após os ensaios de resistência à compressão axial, foi possível avaliar o tipo de ruptura que apresentaram para cada um dos traços propostos neste trabalho. A Figura 7 apresenta a configuração final do corpo de prova para o traço de referência e para cada um dos traços com a substituição parcial do agregado graúdo pelo EPS.

Figura 7 – Corpos de prova já rompidos: (a) traço de referência; (b) traço com 10% de substituição; (c) traço com 30% de substituição; (d) traço com 40% de substituição.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Próprios autores (2021)

A forma de ruptura dos corpos de prova é um importante parâmetro para se avaliar a confiabilidade do material em estudo, podendo indicar, inclusive, se houve erro no processo de fabricação e ensaio dos corpos de prova. De modo geral, os corpos de prova ensaios neste trabalho apresentaram ruptura por cisalhamento lateral, já prevista pela NBR 5739 (ABNT, 2018), como um tipo de ruptura confiável. Neste tipo de ruptura, o cisalhamento ocorre sempre em planos inclinados em relação à direção da força cortante que o gera (MENEZES, 2011), assim, conforme pode-se observar na Figura 7 (a), a linha de fratura atravessa a diagonal do corpo de prova.

Observou-se ainda que alguns corpos de prova com substituições de 30% e 40% do agregado graúdo pelo EPS apresentaram ruptura de topo ou de pé, o que não é ideal. Como o problema não se repetiu para os demais traços, isso pode ter acontecido devido a maior concentração do agregado leve nesses traços e, conforme pode-se observar nas Figuras 7 (c) e (d), na base, onde ocorreu a falha, há uma elevada concentração do EPS.

Por fim, ressalta-se que as formas de ruptura dos corpos de prova submetidas às tensões de compressão dependem da condição de atrito entre os corpos de prova e os pratos do equipamento (MENEZES, 2011). Neste trabalho, utilizou-se neoprene no capeamento elastomérico, que não é aderido ao corpo de prova e apresenta um baixo módulo de elasticidade, o que faz com o material acompanhe mais facilmente a deformação do concreto comprimido.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados foram analisados em relação ao traço de referência, sem nenhuma substituição. Em termos de classificação, a NBR 8953 (ABNT, 2015) classifica como um concreto com finalidade estrutural aquele que apresenta uma resistência à compressão superior a 20 MPa e, desse modo, neste trabalho somente o concreto com a substituição de 10% do agregado natural pelo EPS atende ao requisito, tendo uma queda de resistência, em relação ao de referência, de somente 11,3% aos 28 dias de idade. Os demais traços de substituição não atingiram esse valor indicado por norma, não descartando assim a possibilidade de serem considerados estruturais.

Um importante fator a ser considerado é que essa queda de resistência à compressão se deu de forma gradativa com o aumento da porcentagem de substituição, o que era esperado, mas que indica que futuras pesquisas, que visem a aplicação estrutural do material, devem pautar-se em substituições com porcentagens inferiores.

É importante ressaltar que o concreto leve tem sido largamente estudado na engenharia civil. Isso faz com que o peso próprio do concreto seja reduzido, em relação ao material tradicional, o que leva ainda a uma redução de custos na obra, seja com aço ou mesmo com equipamentos para transporte desse material. No entanto, de modo geral, não se aplica esse concreto em elementos que necessitam de capacidade de suporte, ou seja, o estudo desse concreto se dá para aplicações em peças onde não se necessita da finalidade estrutural.

Diante do exposto, conclui-se que o uso do EPS em concretos estruturais, apesar de não ser indicado, pode ser possível. No entanto, para que isso aconteça devem haver mais estudos na área buscando um traço específico para esse uso, o que é uma sugestão para trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS

ABRAPEX. O que é EPS. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/01OqueeEPS.html>>. Acesso em: 27 de novembro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009. 08 p.

\_\_\_\_\_**NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_**NBR NM 67**: Concreto- Determinação da Consistência Pelo Abatimento do Tronco De Cone. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_**NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_**NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência, 2015.

\_\_\_\_\_**NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_**NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO - ABRAPEX. **Manual de utilização EPS na construção civil**. São Paulo: Pini, 2006.

CARVALHO, C. H. R. e MOTTA, L. A. C., **Estudo do Concreto com Poliestireno Expandido Reciclado**. Art Ver. IBRACON Estrut. Mater. Vol. 12 no. 6 São Paulo. /Dec. 2019 Epub Dec 13, 2019.

ROSSIGNOLO, J.A. **Concreto leve estrutural: produção, propriedades, microestrutura e aplicações**. São Paulo, PINI, 2009.

STOCCO, W.; RODRIGUES, D.; CASTRO, A. P. de A. S. **Concreto Leve com o uso de EPS**. In: Congresso Brasileiro de Educação (COBENGE), 37. 2009. Recife (Pernambuco).

ECYCLE, 2011. Disponível em:<<https://www.ecycle.com.br/209-eps-isopor.html>>. Acesso em 27 de Novembro de 2020.

GOODLAND, R. ; LEDEC, G., The Concept of environmental sustainability, Rev. Ecol. Syst. , 1-24, 1995.

HISTORIA DO CONCRETO. 2017. Disponível em:<<https://civilizacaoengenharia.wordpress.com/2017/03/22/a-historia-do-concreto/#:~:text=Concreto%20C3%A9%20um%20material%20de%20constru%C3%A7%C3%A3o%20muito%20resistente.&text=O%20primeiro%20fato%20registrado%20aponta,o%20uso%20de%20cimento%20hidr%C3%A1ulico>> Acesso em: 21 de setembro de 2020.

IBRACON, Study about concrete with recycled expanded polystyrene, ano 2019, n. 6, p. 1390 dez. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/FhVTDyJnL6tkCkJnznyPCFH/?format=pdf&lang=em//>. Acesso em 26 abr 2021.

ISSO CENTRO 2019. Disponível em: <https://www.isocentro.com.br/perolas-eps> Acesso em: 27 de novembro de 2020.

MACEDO, PAMELA. **Avaliação do desempenho de argamassas com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar**. Faculdade de Engenharia UNESP, Ilha Solteira/SP, 2009.

MENEZES, A. J. R. **Estudo comparativo entre capeamento de corpo-de-prova de concreto com enxofre, uso de neoprene e retificação de topo para ensaio de resistência à compressão axial**. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará Centro de Tecnologia, Fortaleza, 2011.

MUNDO DO ISOPOR. 2017. Disponível em: <https://www.mundoisopor.com.br/curiosidades/tipos-de-eps-isopor-diferencas-que-voce-precisa-conhecer>>. Acesso em 13 de outubro de 2020.

PORTAL DO CONCRETO. **Concreto**. 2014. Disponível em: <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/concretos.html>> Acesso em: 13 de outubro de 2020.

ROSSIGNOLO, JOÃO. A. **Concreto leve Estrutural** 1ª edição, 2009.

SOUSA, HYAGO SODRE; BITENCOURTE, FRANCISCO CARLOS LOPES; LEAL, GRAZIELLE; MONTE, KELLY RODRIGUES; SILVA, MARK ANDERSON MOREIRA E. **Análise do concreto utilizando o poliestireno expandido e politereftalato de etileno em substituição parcial do agregado graúdo**. 2018 Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –UNINOVAFAPI.

TESSARI, J. **Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, SC, 2006.