

UTILIZAÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO NO CONCRETO DE BAIXA RESISTÊNCIA.

Emanoel Souza Araujo¹

Vinicius de Jesus da Silva²

Orientadora: Débora Ribeiro Rios³

RESUMO:

Este trabalho tem como objetivo analisar as propriedades físicas e mecânicas do concreto leve com a inserção de poliestireno expandido – EPS. O procedimento experimental consistiu na substituição do agregado graúdo nas proporções de 10%, 25% e 50% por EPS, e na acareação com o concreto convencional. Com esse intuito, foram produzidos corpos de prova para a realização de ensaios em laboratório para avaliar a massa específica, porosidade e resistência à compressão aos 28 dias de idade. Os resultados demonstraram a viabilidade da substituição parcial do agregado graúdo por EPS, denotando comportamento mecânico satisfatório e em conformidade com as normas técnicas vigentes. Conclui-se que a utilização do EPS é vantajosa para o processo construtivo por ser capaz de proporcionar redução do peso de estruturas e representar uma alternativa aos métodos tradicionais amplamente praticados.

³ Docente na Universidade Salvador. E-mail: debora.rios@ecossistemaanima.com.br

² Graduando em Engenharia Civil na Universidade Salvador. E-mail: br_vinicius@outlook.com

¹ Graduando em Engenharia Civil na Universidade Salvador. E-mail: emanoelaraujunior@outlook.com

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é um dos principais propulsores do desenvolvimento nacional e um valioso indicador do ritmo de crescimento da atividade econômica. Geralmente, adota-se a construção civil como um dos índices de medição do crescimento do PIB em um determinado período. Segundo a Confederação Nacional da Indústria, esse mercado deverá ter um crescimento de 7% no ano de 2022.

Arelado ao rápido desenvolvimento e o crescimento econômico é notório o consumo exacerbado dos recursos naturais, resultando em consequências irreversíveis e isso é acentuado através do alto consumo de concreto que chega a cerca de 11 bilhões de toneladas obtendo-se 1,9 tonelada de concreto por habitante por ano (MOREIRA, 2022; PEDROSO, 2009)

A pandemia, a guerra na Ucrânia e fatores relacionados a políticas internas resultaram no aumento dos preços dos insumos na construção civil. De acordo com o Desempenho Econômico da Indústria da Construção, estudo realizado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), a falta e/ou o alto custo de matéria-prima foram apontados por 47,7% dos empresários como o principal problema do setor nos últimos dois anos.

É imprescindível e necessária a otimização de materiais pensando na sustentabilidade tanto econômica quanto ambiental, dos recursos e técnicas a fim de preservar a vitalidade das corporações. Segundo Martins e Araújo (2021), é necessário explorar e comparar novos métodos de construção com os que já estão consolidados no mercado, a fim de esclarecer suas vantagens e desvantagens, assim como suas características técnicas. A busca por métodos alternativos na construção também se relaciona com a demanda por sustentabilidade, fator presente no ramo da construção civil.

Uma alternativa para suprir a escassez dos materiais da construção civil é o poliestireno expandido (EPS). Para Silva, Florian e Filho (2021), o uso do EPS tem se mostrado eficaz em diversas fases do processo de construção. Suas características físicas e mecânicas permite construções mais leves e redução de custos, tornando a obra menos onerosa e otimizando o tempo de construção.

O EPS foi descoberto na Alemanha em 1949 pelos químicos Fritz Stasny e Karl Buchholz. No Brasil é conhecido como Isopor®, marca registrada da empresa Knauf Isopor. Nas construções feitas em EPS é recomendável blindagem dos sistemas elétricos para evitar o contato. Durante a fabricação do EPS substâncias aleatórias às chamadas são incluídas na fórmula

do produto. É constituído de um plástico celular rígido, oriundo da polimerização do estireno da água. O resultado são pérolas de até 3 milímetros de diâmetro, que se expandem. Durante o processo de transformação, essas pérolas podem aumentar em até 50 vezes o seu tamanho de origem, fundindo-se e moldando-se em formas diversas. (APRABEX, 2021).

A aplicação dos concretos com agregados leves data de 1100 a.C., no México. Também se tem conhecimento histórico de 273 a.C., no Porto de Cosa, na Europa, sobre estruturas em concreto leve que resistiram às ações da natureza por mais de dois mil anos (ROSSIGNOLO, 2009).

A partir de 1980 foram realizadas rigorosas pesquisas sobre os concretos leves, em todo o mundo, demonstrando o grande potencial do uso desse material, nas mais diversas áreas da construção civil. A redução da massa específica do concreto, com a manutenção da resistência mecânica, propicia a redução do peso próprio e das cargas na fundação, com conseqüente redução do custo final da obra. (SLATE et al., 1986; MORENO, 1986; BERNER, 1991; ZHANG e GJφRV, 1991; HOLM e BREMNER, 1994; IKEDA, 2000; VIEIRA e GONÇALVES, 2000; ROSSIGNOLO et al., 2001).

O presente estudo tem como objetivo avaliar através de ensaios de laboratório o comportamento mecânico do concreto leve com a inserção de pérolas de poliestireno expandido, a fim de otimizar dosagens, aprimorar o seu desempenho e reduzir o consumo de matéria-prima.

2. METODOLOGIA

Este estudo foi elaborado na Universidade Salvador, campus Santa Mônica, com coordenadas geográficas 12.258779, S 38.933818 W. Foram realizados ensaios no laboratório de Materiais de Construção da Instituição e na empresa LC Lacrose Engenharia. Os ensaios ocorreram no período de 30/10 a 28/11/2022.

Para a elaboração dos traços do concreto, foram utilizados os seguintes materiais:

- Cimento: Cimento Portland II – F 32;
- Agregado miúdo: Areia lavada; com dimensão máxima de 1,2 mm; módulo de finura equivalente a 2,8;

- Agregado graúdo: Brita; com dimensão máxima equivalente a 19 mm; módulo de finura igual a 7,4; classificação 1;
- Poliestireno Expandido: Pérolas de EPS.

Os concretos leves caracterizam-se pela redução da massa específica em relação aos concretos convencionais, consequência da substituição de parte dos agregados por ar. Os concretos leves estruturais podem ser classificados em concreto com agregados leves, concreto celular e concreto sem finos. São obtidos por substituição total ou parcial dos agregados convencionais por agregados leves. Geralmente apresentam massa específica inferior a 2000 kg/m³. (ROSSIGNOLO, 2009).

Neste estudo, a concepção do traço do concreto leve com adição do EPS foi formulada utilizando o método ABCP/ACI. Um concreto de boa qualidade está condicionado ao fator água/cimento. Quanto menor o resultado desta relação, maior deverá ser a resistência e a durabilidade do concreto. O excesso de água deve ser evitado, já que durante o processo pode ocorrer a formação de espaços vazios. Com o auxílio da Curva de Abrams, fixou-se o valor dessa relação em 0,47.

Tabela 1. Dosagem pelo método ABCP.

Referências	Cimento	Brita	Areia
Massa específica (kg/m ³)	3,1	2,7	2,63
Massa unitária (kg/m ³)	-	1525,5	-
Módulo de finura	-	7,4	2,8
DMC (mm)	-	19	-
Fck (Mpa)	32	-	-
Abatimento <i>slump test</i> = 80 – 100 mm		Fcj = Fck + 1,65 * 5,5 = 41 MPa	

Fonte: Autores (2022)

Com o auxílio da Tabela 2 determinou-se a quantidade de água utilizada em 200 L/m³, estabelecendo como base o abatimento do tronco de cone entre 80 e 100 mm, e da brita de 19 mm.

Tabela 2. Determinação do consumo de água pelo Método ABCP.

Abatimento do tronco de cone (mm)	Consumo de água aproximado (litros/m ³)				
	Dimensão máxima característica do agregado graúdo (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Fonte: Rodrigues (1998)

Para a determinação de consumo do cimento (C), agregado graúdo (Cb) e agregado miúdo (Ca), utilizou-se as expressões constantes no Quadro 1.

Quadro 1. Cálculos do consumo de aglomerante, agregados e determinação de traço referencial.

a) Cálculo do consumo de aglomerante:

$$C = \frac{A}{\left(\frac{a}{c}\right)} = \frac{200}{0,47} = 425,53 \text{ kg/m}^3$$

b) Cálculo do consumo de agregado graúdo:

Neste cálculo é utilizada a relação entre o módulo de finura de areia (2,8) e dimensão máxima característica do agregado graúdo (19 mm). Conforme a Figura 1, o volume associado é 0,670 m³. Porém, como os dados estão em quilogramas, deve-se multiplicar o respectivo valor pela massa específica unitária do agregado graúdo:

$$Cb = 0,670 \times 1525,5 = 1022,09 \text{ kg}$$

c) Consumo de agregado miúdo:

$$Va = 1 - \left(\frac{C}{\mu_c} + \frac{Cb}{\mu_b} + \frac{A}{\mu_a} \right)$$

$$Va = 1 - \left(\frac{425,53}{3,1 * 1000} + \frac{1022,09}{2,7 * 1000} + \frac{200}{1000} \right)$$

$$Va = 0,284 \text{ m}^3$$

Convertendo em quilogramas:

$$Ca = 0,284 \times 2,63 * 1000 = 746,92 \text{ kg/m}^3$$

d) Traço unitário experimental:

$$\frac{425,53}{425,53} : \frac{746,92}{425,53} : \frac{1022,09}{425,53} : \frac{200}{425,53}$$

Logo, o traço obtido é 1 : 1,755 : 2,402 : 0,470

Fonte: Autores (2022)

Figura 1. Volume compactado seco do agregado graúdo por metro cúbico de concreto.

MÓDULO DE FINURA DA AREIA	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO (Φ_{max})				
	9,5mm	19mm	25mm	32mm	38mm
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

Fonte: Rodrigues (1998)

Ao adicionar o EPS em substituição ao agregado graúdo, a parcela que o contempla o traço sofre modificações. Essa alteração é representada com o auxílio dos parâmetros do poliestireno expandido dos dados existentes no Quadro 2.

Tabela 3: Parâmetros do concreto com adição de EPS.

Massa específica do EPS	0,46 g/cm ³
Massa unitária do EPS	0,00823 g/cm ³
Módulo de finura do EPS	6,15
DMC do agregado graúdo	19 mm

Fonte: Autores (2022)

Com o auxílio da Figura 1, contata-se que o volume encontrado equivale a 0,590 m³. Em seguida, é necessário realizar a multiplicação do valor supracitado pela massa específica unitária do agregado graúdo.

Quadro 2. Traço unitário para o EPS.

$$C_e = 0,590 * 8,23 = 4,86 \text{ kg/m}^3$$

Então,

$$\frac{425,53}{425,53} : \frac{746,92}{425,53} : \frac{4,86}{425,53} : \frac{200}{425,53}$$

Logo, o traço unitário para o concreto com EPS será 1 : 1,755 : 0,011 : 0,470

Fonte: Autores (2022)

Para a composição granulométrica dos agregados foi utilizada a NBR 17054:2022. Como o laboratório da Universidade Salvador já tinha realizado o ensaio previamente, a execução de um novo teste foi dispensada.

Foto 1. Pesagem do agregado graúdo.



Fonte: Autores (2022)

A elaboração dos corpos de prova foi realizada conforme a NBR 5738:2015. Os materiais utilizados (cimento, brita, areia) foram pesados em balança, com adequação ao traço experimental. Em seguida, os corpos de prova foram inseridos na betoneira. Com a conclusão da confecção do concreto de referência, prosseguiu-se na elaboração do material que utiliza o poliestireno expandido com os passos semelhantes ao convencional, exceto, na substituição do agregado graúdo, em prol do EPS em pérolas. Foram executados 15 corpos de prova com EPS, sendo introduzidos variavelmente até a obtenção da proporcionalidade do traço adotado.

Ao elaborar o traço para o concreto com a inserção de EPS, percebeu-se que seria inviável a manutenção da dosagem do material na unidade correlacionada, devido ao seu baixo peso. Por isso, optou-se em realizar a dosagem volumétrica, constituindo-se na pesagem do agregado graúdo com o traço referencial, prosseguido de lançamento em recipiente de escala volumétrica e finalizando com a complementação de EPS. A substituição do agregado graúdo pelo EPS ocorreu nas seguintes proporções:

- Traço 1: 0% de substituição dos agregados;
- Traço 2: 10% de substituição da brita 01 por 0,5 litro de pérolas de EPS;
- Traço 3: 25% de substituição da brita 01 por 2 litros de pérolas de EPS;
- Traço 4: 50% de substituição da brita 01 por 3 litros de pérolas de EPS.

Foto 2. Mistura em betoneira.



Fonte: Autores (2022)

Assim como no referencial, o concreto com EPS foi submetido ao teste de coesão através do *slump test*, que parametriza faixas de valores que indicam o grau de trabalhabilidade que o concreto pode estar acometido. Para a realização do ensaio de abatimento, seguiu-se as recomendações estabelecidas pela NBR 16889:2020. Após 24 horas, retirou-se todos os corpos de prova dos moldes para serem colocados em cura úmida durante 7 dias.

Figura 3. Ensaio de abatimento e moldagem.



Fonte: Autores (2022)

Após o processo de cura, foram executados os ensaios de absorção, massa específica e índice de vazios, conforme recomendações da NBR 9778:2009. Esses testes foram realizados com 15 corpos de prova cilíndricos com 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura.

Com a conclusão das etapas anteriores, baseado na NBR 5739:2018, os corpos de prova foram submetidos à compressão em prensa hidráulica, com aplicação de forças na área transversal da seção.

Após a obtenção dos dados, na sequência estarão apresentados os resultados de granulometria, trabalhabilidade, absorção de água, massa específica e teste de compressão axial, a fim de constatar a resistência final obtida pelo concreto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta etapa serão abordados os resultados obtidos através de ensaios em laboratório, no qual o agregado graúdo foi substituído por EPS nas proporções de 10%, 25% e 50%, buscando sempre correlacionar as propriedades adequadas quando comparadas com componentes de concreto de baixa resistência.

3.1 Determinação da massa específica, índice de vazios e absorção

Este ensaio foi realizado de acordo com o procedimento do item 6 da ABNT NBR 9778:2005, que estabelece parâmetros de cálculos, assim como recomendações para se obter o padrão adequado. As frações do elemento foram submetidas aos ensaios de absorção de água, índice de vazios e massa específica, cujo dados encontrados estão supracitados na tabela abaixo.

Tabela 4. Resultados da massa específica, índice de vazios e absorção.

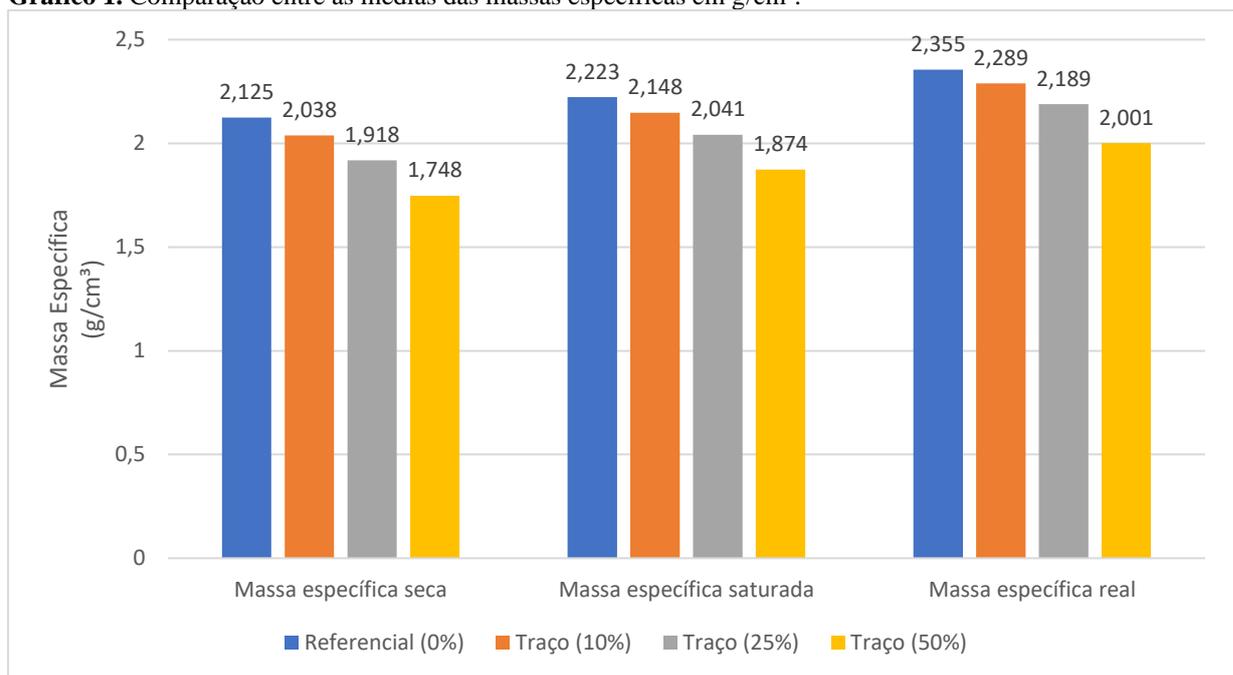
Amostra	Massa específica da Amostra			Índice de Vazios (%)	Absorção (%)
	Seca	Saturada	Real		
Concreto Referência	2,115	2,217	2,353	10,11%	4,6%
Concreto Referência	2,117	2,212	2,338	9,46%	4,3%
Concreto Referência	2,144	2,241	2,375	9,72%	4,3%
Com adição de 10% de EPS	2,070	2,169	2,296	9,85%	4,5%
Com adição de 10% de EPS	2,029	2,142	2,287	11,29%	5,3%
Com adição de 10% de EPS	2,015	2,133	2,285	11,85%	5,6%
Com adição de 25% de EPS	1,929	2,047	2,187	11,76%	5,7%
Com adição de 25% de EPS	1,919	2,045	2,197	12,65%	6,2%
Com adição de 25% de EPS	1,905	2,032	2,183	12,76%	6,3%
Com adição de 50% de EPS	1,737	1,875	2,015	13,78%	7,3%
Com adição de 50% de EPS	1,757	1,877	1,997	12,02%	6,4%
Com adição de 50% de EPS	1,749	1,870	1,989	12,10%	6,5%

Fonte: Lacrose Engenharia (2022)

De acordo com os dados obtidos na tabela, os corpos de prova com EPS obtiveram percentuais de absorção de água superiores quando comparados com os dos corpos de referência.

Por outro lado, houve uma redução no que tange a massa específica, devido a leveza dos agregados que foram substituídos. Embasa-se os dados adquiridos juntamente com a análise e o estudo realizado pelo autor Pires (2017), onde afirma que os conceitos encontrados referentes a massa específica devido ao uso do poliestireno expandido estariam entre 0,75 e 1,21 g/cm³, enquanto a absorção, à medida que se introduziu mais EPS, o uso de água cresceu proporcionalmente, propiciando assim valores próximos a 20%. Para a ABNT NBR 12655, que trata do Concreto de cimento Portland – Preparo controle e recebimento, o concreto leve é definido como o concreto endurecido quando seco em estufa, apresenta massa específica entre 0,8 e 2,0 g/cm³, enquanto para concreto convencionais encontra-se na margem de 2,3 a 2,5 g/cm³.

Gráfico 1. Comparação entre as médias das massas específicas em g/cm³.



Fonte: Lacrose Engenharia / Autores (2022)

Para os índices de vazios, nota-se que ao inserir EPS no concreto, ao comparar ao de referência, percebe-se um aumento nos vazios. Entretanto, ao aumentar a porcentagem, ele não apresenta diferenças significativas. Portanto, tal efeito se fez presente em estudos realizados por Pires (2017) e Leal (2012).

3.2 Resistência à compressão axial do concreto

Com os ensaios realizados em laboratório através dos procedimentos elencados na ABNT NBR 16889:2020; ABNT NBR 5738:2015; ABNT NBR 5739:2018; ABNT NBR 15823-1:2017 e ABNT NBR 15823-2:2017, pode-se inferir da Tabela 5 para as amostras referenciais e seus respectivos percentuais de substituição de EPS por agregado graúdo:

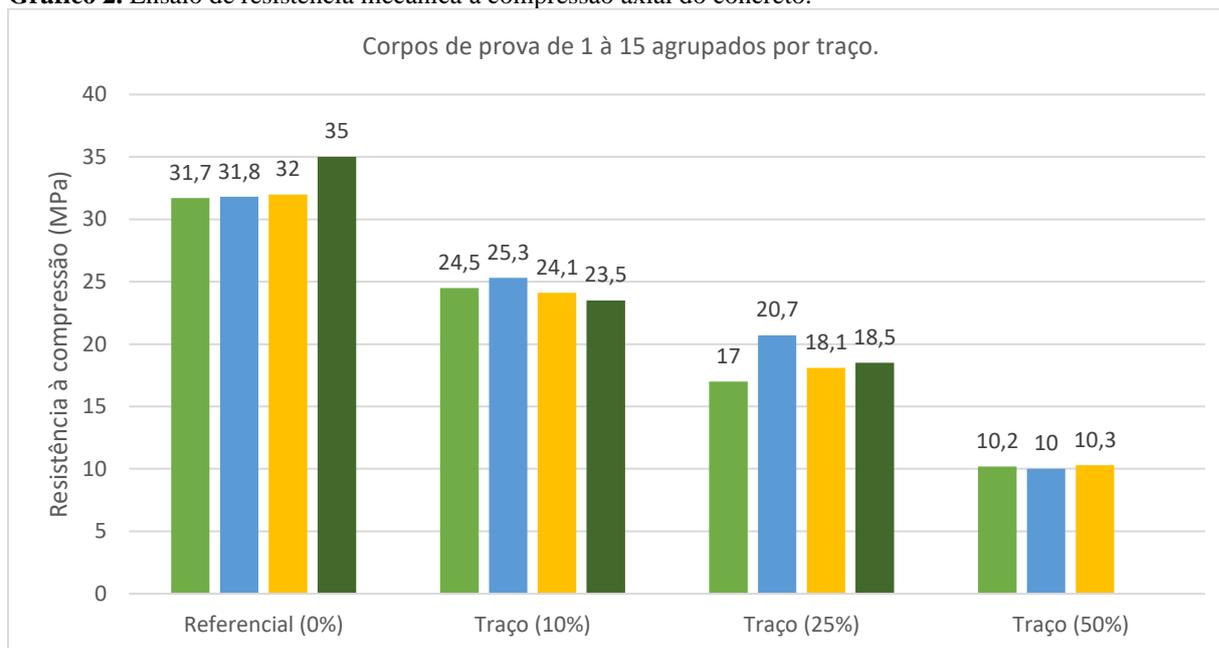
Tabela 5. Relatório de ensaios de resistência à compressão axial do concreto.

Amostra	Registro de corpo de prova	Idade de ruptura	Resistência (Mpa)
Concreto Referência	1	31 dias	31,7
	2	31 dias	31,8
	3	31 dias	32,0
	4	31 dias	35,0
Com adição de 10% de EPS	5	28 dias	24,5
	6	28 dias	25,3
	7	28 dias	24,1
	8	28 dias	23,5
Com adição de 25% de EPS	9	28 dias	17,0
	10	28 dias	20,7
	11	28 dias	18,1
	12	28 dias	18,5
Com adição de 50% de EPS	13	28 dias	10,2
	14	28 dias	10,0
	15	28 dias	10,3

Fonte: Lacrose Engenharia (2022)

De acordo com especialistas, o EPS, por possuir baixa granulometria e ser substituído do agregado graúdo, torna-se mais resistente, devido à similaridade com partícula de deformação, assim, propiciando vantagens na junção do agregado com pasta-cimento. Partindo dessa premissa, os mesmos autores norteiam que peças de concreto produzidas com agregados leves não rompem devido a granulometrias distintas, mas através do estado de limite último (ELU) da pasta-cimento, o que só se percebe em concretos de alta resistência (ROSSIGNOLO; AGNESINI, 2005 apud CATOIA, 2012).

Diante disso, frisa-se que as fissuras dentro do corpo de prova ocorrem ao redor das pérolas de poliestireno expandido. O EPS por possuir muitos vazios, torna a porosidade significativamente elevada, reduzindo assim a sua resistência e elevando a sua leveza. Ao atingir a compressão máxima, o agregado não possuirá mais relevância, já que o seu rompimento ocorrerá na pasta cimentícia e não no agregado (SCHUH, 2017).

Gráfico 2. Ensaio de resistência mecânica à compressão axial do concreto.

Fonte: Lacrose Engenharia / Autores (2022)

O Brasil possui a NM35 (1995), que estabelece critérios mínimos tanto para a sua massa específica aparente e sua resistência a compressão aos 28 dias (ROSSIGNILO, 2009)

4. CONCLUSÃO

De acordo com os ensaios, pode-se perceber características relacionadas à compressão, absorção de água e porosidade. Os resultados demonstraram que a inserção de EPS em concretos pode colaborar na redução no peso das edificações, tornando a sua utilização tecnicamente viável.

O concreto com adição de 50% de EPS pode ocasionar em uma perda média de 69% da resistência mecânica do concreto referência. Esse fator se deve ao aumento de vazios e absorção de água devido a características intrínsecas do poliestireno expandido. Em relação a massa específica, constatou-se uma redução dos valores com as adições do EPS, que pode estar diretamente correlacionada ao aumento da absorção de água e a leveza do material.

Conclui-se, assim, que o concreto com substituição parcial do agregado graúdo pelo poliestireno expandido em percentuais superiores a 10% oferece importantes propriedades para aplicação na construção civil, sendo uma alternativa aos métodos convencionais que são empregados atualmente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO, S. C. **Variabilidade de Agregados Graúdos de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados**. São Paulo, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 35: agregados leves para concreto estrutural: especificação**. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2003b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: agregados: determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53: agregado graúdo: determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2003c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: requisitos**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45: agregados: determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: concreto de cimento Portland: preparo, controle e recebimento: procedimento**. Rio de Janeiro, 2006a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: concreto: ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9833: concreto fresco: determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico.** Rio de Janeiro, 2008b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7809: agregado graúdo? determinação do índice de forma pelo método do paquímetro: método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2008a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: agregados para concreto: especificação.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5564: via férrea: lastro ferroviário: requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578: cimento Portland composto.** Rio de Janeiro, 1991.

BUTTLE, A. M. **Concreto Com Agregados Graúdos Reciclados de Concreto: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados.** São Paulo, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CARRIJO, P. M. **Análise da Influência da Massa Específica de Agregados Graúdos Provenientes de Resíduos de Construção e Demolição no Desempenho Mecânico do Concreto.** São Paulo, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ETXEBERRIA, M. et al. **Influence of Amount of Recycled Coarse Aggregates and Production Process on Properties of Recycled Aggregate Concrete.** *Cement and Concrete Research*, v. 37, n. 5, p. 735-742, 2007.

MONCADA, JULIO E.C.; FLOR, LEONARDO D. S.; SILVA, VIVIANE A.; PACHECO, JONAS S. **Estudo da adição de argila expandida e EPS como agregados na elaboração de concreto leve.** Revista Eletrônica TECCEN, 2019.

MOREIRA, B. C. **Análise das propriedades de argamassa com adição de pérolas de poliestireno expandido.** Monografia. Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina, 2022.

OLIVEIRA, ANTÔNIO MARCOS DA SILVA; RIBEIRO, DIÊGO FERNANDES; GONZAGA, LOURDIANE, GONTIJO DAS MERCÊS. **Utilização do método Anova em amostras de concreto leve com pérolas de EPS: Uma abordagem didática voltada para o ensino de estatística nos cursos de graduação em engenharia.** Revista de Ensino de Engenharia, 2022.

PEDROSO, F. L. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Concreto & Construções**, p. 14, 2009.

ROCHA, BÁRBARA FLORRANCE DE MELO; FIGUEIREDO, FILIPE BITTENCOURT; ALTRAN, DANIELE ARAÚJO. **Estudo das propriedades físicas, mecânicas e aplicação do concreto leve com a utilização de agregados de poliestireno expandido – EPS.** Universidade do Oeste Paulista-UNOESTE. Faculdade de Engenharia, Presidente Prudente, SP, 2016.

ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto Leve Estrutural: influência da argila expandida na microestrutura da zona de transição pasta/agregado.** Ambiente Construído, Porto Alegre, out/dez. 2009.

SILVA, WESLEY BARBOSA DA; FLORIAN, FABIANA; FILHO, WALTER GONÇALVES FERREIRA. **Uso e importância do poliestireno expandido (EPS) na construção civil.** RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218, 2021.

SOUSA, R. C. R.; LIMA, D. P.; SILVA, M. D. R. T. A. **Avaliação de desempenho de concreto leve com adição de Poliestireno Expandido (EPS): revisão de literatura.** Engineering Sciences, v.8, n.3, p.45-52, 2020.



TESSARI, Janaina. **Utilização de Poliestireno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos pela Construção Civil**. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

XAVIER, BEATRIZ CORREA; BASSANI, FABRÍCIO; MENDES, ANDRÉ SOARES. **Avaliação do Concreto Leve Estrutural com EPS Reciclado**. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, 2016.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a LACROSE ENGENHARIA pelo apoio na realização dos ensaios experimentais.