

ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DO CONCRETO PRODUZIDO COM ADIÇÃO DE PÉROLAS DE POLIESTIRENO EXPENDIDO (EPS)

Jaryd Matias Cardoso¹, Nicole Giovana Menezes Rocha^{1, 2}, Flávio Roldão de Carvalho Lelis,³ Antonio Rafael de Souza Alves Bosso

¹ Graduandos em Engenharia Civil - IFTO. Bolsista do PET. e-mail: <jaryd@outlook.com.br>; <nicole-giovana@hotmail.com>

² Professor. Engenharia Civil. IFTO/Campus Palmas. Tutor do PET. e-mail: <flaviooldao@ifto.edu.br >

³ Professor. Engenharia Civil. IFTO/Campus Palmas. e-mail: <rafaelbosso@ifto.edu.br >

Resumo: O uso do Concreto Leve Estrutural traz vantagens técnicas e econômicas em relação ao concreto tradicional. Nesse sentido, a análise do comportamento mecânico do concreto com adição de pérolas de EPS realizados nesta pesquisa visa contribuir no desenvolvimento de concretos com agregados leves. Para tanto, a porcentagem de agregado leve incorporado na matriz cimentícia foi a principal variável avaliada nesta pesquisa por meio da determinação da resistência a compressão aos 21 dias de cura, e massa específica do concreto no estado fresco. O traço padrão usado como referência não teve adição de pérolas de EPS, enquanto os demais estiveram com 20%, 33,3%, 42,9%, 50%, executou-se 3 copos de prova para cada traço analisado com materiais obtidos no município de Palmas - TO. Os resultados demonstraram ser tecnicamente viável a produção de concretos leves com características não estruturais. Apesar disso, os resultados obtidos com os diversos percentuais de pérolas de EPS indicaram que o material pode ser utilizado como uma alternativa para os mais diversos usos, sendo possível a produção de concretos com baixas massas específicas e resistências variadas. Por fim, constatou-se que com o aumento do teor de EPS nos traços, influenciou diretamente na redução da resistência à compressão do concreto. Logo, os resultados obtidos, aliados a estudos de outras propriedades não analisadas neste estudo, como o módulo de deformação, a resistência à tração e a durabilidade dos concretos podem contribuir significativamente para a difusão do uso do concreto leve com adição de EPS em obras da construção civil nacional.

Palavras-chave: agregado leve, concreto experimental, pérolas de EPS

1 INTRODUÇÃO

O uso do Concreto Leve Estrutural (CLE) traz vantagens técnicas e econômicas em relação ao concreto com agregados naturais, como a aplicação em peças estruturais de concreto pré-moldado. Catoia (2012) listou os benefícios alcançados pelo uso do Concreto Leve Estrutural:

- Redução de 20% a 50% dos custos de transporte, por unidade de volume de concreto;
- Possibilidade de produzir peças com dimensões maiores, utilizando os mesmos equipamentos da fábrica do canteiro;
- Redução entre 25% a 50% do tempo de montagem das estruturas. Apesar do custo unitário elevado, o emprego do CLE na estrutura de uma construção pode gerar

uma economia de 2% a 7% no custo total da obra (DALY, 2000 *apud* ROSSIGNOLO, 2003).

Segundo Rossignolo (2003), nas pontes de grandes vãos em concreto armado, o peso próprio da estrutura pode representar até 70% das solicitações estruturais, de modo que a adoção de concreto leve possibilita o dimensionamento de seções menores e com menor área de aço.

No Brasil, o uso do concreto leve ainda se limita à fabricação de artefatos pré-moldados, além da normatização para esse tipo de concreto especial ser escassa. Ainda há diversas possibilidades de aplicações a serem exploradas, como a utilização em lajes de vãos maiores, substituindo as lajes nervuradas por lajes maciças ou até melhorando o desempenho de lajes nervuradas – como destaca Catoia (2012). Há um novo sistema construtivo baseado em construções de edifícios com placas de concreto que demandará um tipo de concreto especial como este estudado também. O desenvolvimento de pesquisas no sentido de melhorar o desempenho de concretos leves se cresce em importância à medida que as novas tendências em estruturas de concreto armado exigem cada vez mais, esbarrando nos fatores limitantes dos materiais utilizados.

Ademais, com a finalidade de comparar e analisar resultados de ensaios de concreto leve estrutural foi estabelecido enquanto parâmetro, a resistência à compressão axial e a massa específica do concreto em estado fresco. Nesse sentido, o presente trabalho tem o objetivo de contribuir com o desenvolvimento do concreto com agregados leves ao analisar o comportamento mecânico do concreto com adição de pérolas de EPS, substituindo os agregados tradicionais. Para tanto, os resultados obtidos pela dosagem experimental foram analisados estatisticamente tendo como principal variável a porcentagem de adição de agregado leve em relação ao volume de concreto.

2 METODOLOGIA

O procedimento experimental iniciou-se pela definição das quantidades de agregado miúdo em relação a sua granulometria definida em conformidade com a NBR NM 248 (2003) para a dosagem do concreto, o agregado utilizado neste trabalho foi areia da região de Palmas. Ela foi utilizada de forma adaptada um método experimental de empacotamento, desenvolvido pelos integrantes do grupo, com três faixas granulométricas – de 150 μm , de 300 μm e 0,6 mm – de modo que o empacotamento granular apresente a menor quantidade de vazios resultando em maior resistência mecânica, segundo os conceitos apresentados por Castro (2009) e Pandolfelli (2009).

Tabela 1. Dimensões do agregado miúdo

Granulometria de agregado miúdo utilizada no traço do concreto	
Dimensão	Quantidade
150 μm	165,88
300 μm	1874,05
0.6 mm	960,05

Fonte: Nicole Giovana Menezes Rocha

A escolha dos materiais deu-se pela disponibilidade e a viabilidade dos resultados de um material com boa qualidade. As perolas de isopor foram comprados em lojas de artigos para artesanato e papelarias, a dimensão das esferas de cada pérola é variada.

O cimento utilizado na confecção das amostras foi o CPV – ARI da CIPLAN (atendendo aos critérios da NBR 5733 – Cimento Portland de alta resistência inicial). O cimento portland de alta resistência inicial (CPV – ARI) tem a peculiaridade de atingir altas resistências já nos primeiros dias da aplicação. O desenvolvimento da alta resistência inicial é conseguido pela utilização de uma dosagem diferente de calcário e argila na produção do clínquer, bem como pela moagem mais fina do cimento, de modo que, ao reagir com a água, ele adquira elevadas resistências, com maior velocidade.

Além de materiais básicos como cimento, areia e água, foram utilizadas adições (sílica ativa) e aditivos (superplastificante). O aditivo usado foi o Sika Viscocrete 3535 cb que é um superplastificante para concretos de alto desempenho. E a adição foi a Sílica Ativa Tcnosil, nada mais é do que um pó fino pulverizado decorrente do processo de fabricação do silício metálico ou ferro silício. Portanto é um produto de origem metalúrgica, o que lhe confere maior estabilidade quanto a sua composição química e física. A capacidade de uma Sílica Ativa (microsílica), reagir às temperaturas normais com hidróxido de cálcio (presente na pasta de cimento Portland hidratada) e de tornar silicato de cálcio hidratado adicional ocasiona uma redução significativa na porosidade da matriz e da zona de transição na interface. Por tanto viu-se a necessidade da utilização destes materiais na dosagem do concreto afim de gerar um produto com um melhor comportamento.

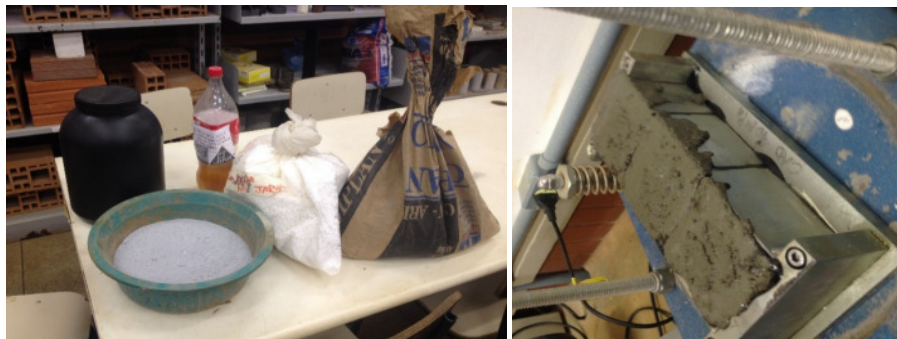


Figura 1. Materiais de dosagem utilizados e adensamento dos corpos de prova (Fonte: Nicole G. M. Rocha)

A elaboração do traço do concreto foi baseada na dosagem pré-estabelecida por Romel Dias (2004) para concretos de pós reativos, e posteriormente foi adaptada com os devidos materiais disponíveis aos alunos, à vista disso chegou-se ao traço especificado na Tabela 2.

Tabela 2. Traço base para as amostras

Dosagem adotada no trabalho	
Material	Quantidade
Cimento	300 g
Sílica Ativa	50 g
Areia	550 g
Água	105 ml
Superplastificante	3,15 ml
Relação a/a	0,3

Fonte: Nicole Giovana Menezes Rocha

Após a definição da dosagem do concreto foi feito um traço conforme as definições da NBR 7212 (2012) sem a adição do agregado leve, possibilitando a medição do volume resultante do concreto sem a adição do EPS, após isso, definiu-se todos os traços experimentais que seriam realizados com a adição do EPS. O cálculo da relação das pérolas de EPS deu-se pelo volume aparente dos materiais, pois a densidade do poliestireno expandido é bem inferior ao restante dos materiais usados.

Tabela 3. Relação de materiais em cada tipo de traço.

Traço	Volume de Insumos (cm³)	Volume de EPS (cm³)	Volume Total	Porcentagem de EPS
T1	400	0	400	0%
T2	400	100	500	20%
T3	400	200	600	33,3%
T4	400	300	700	42,9%
T5	400	400	800	50%

Fonte: Nicole Giovana Menezes Rocha

Dessa forma, com os traços já definidos (Tabela 3), prosseguiu-se com a execução necessária do concreto. O concreto foi confeccionado no laboratório de Materiais de Construção do IFTO/Campus Palmas. Os alunos rodaram o concreto na argamassadeira, pois a quantidade de material para cada traço era compatível com a argamassadeira e não havia agregado graúdo na mistura.

A mistura dos insumos assim como o tempo necessário para cada preparo foi realizada seguindo a NBR 7212 – Execução de concreto dosado em central – Procedimento. Após a mistura dos materiais na argamassadeira, o concreto foi colocado em formas cúbicas de três repetições (para cada traço) seguindo os mesmos critérios de procedimento de moldagem e cura de corpos-de-prova presentes na NBR 5738 (2003). Em seguida, foi feito o adensamento do concreto. Logo após, com concreto em estado fresco, realizou-se o ensaio de massa específica aparente em concordância NBR 9833(2009).

Após 21 dias do início do processo de cura úmida por imersão, foi realizado segundo a norma NBR 5739 (2007) ensaio da resistência mecânica a compressão para os corpos de prova que possuem dimensão cúbica de 50x50x50mm, foi utilizada a máquina universal de ensaios modelo-10.000, micro processada, da marca EMIC.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As propriedades dos concretos leves com adição de EPS analisadas neste estudo foram a resistência à compressão aos 21 dias e a massa específica do concreto no estado fresco. A resistência à compressão foi determinada segundo as recomendações da NBR 5739 (2007) e a massa específica foi determinada pela divisão da massa de concreto dos corpos-de-prova pelo volume dos moldes.

A Tabela 4 apresenta os resultados da resistência à compressão e massa específica dos concretos aos 21 dias de idade e as respectivas medidas de tendências centrais relevantes.

Tabela 4. Resistência a compressão aos 21 dias de cura úmida

DADOS	T1	T2	T3	T4	T5
Amostra 1 (MPa)	73,4	48,2	37,7	23,8	19,5
Amostra 2 (MPa)	66	41,4	21,3	27,2	17,9
Amostra 3 (MPa)	52,2	46,5	33,1	26	19,2

Média (MPa)	63,87	45,37	30,7	25,67	18,87
Desvio Padrão (MPa)	10,76	3,54	8,46	1,72	0,85
Coefficiente de Variação	16,85%	7,80%	27,55%	6,72%	4,51%

Fonte: Jaryd Matias Cardoso

Pela análise inicial dos resultados, verifica-se uma discrepância do coeficiente de variação dos corpos de prova T1 (Concreto com 0% de EPS) e T3 (Concreto com 33,3% de EPS) justificáveis por erros de adensamento e manejo da prensa que quantifica as resistências das amostras. Já a Tabela 5, apresenta o teste estatístico de TUKEY, e a mesma foi construída pelo software livre PAST, ao nível de 5% de significância. Permitindo constatar que as amostras possuem uma correlação entre si, sendo os traços T2 = T3, T3 = T4, T3 = T5 E T4 = T5.

Tabela 5. Teste estatístico de TUKEY

	MÉDIA	T1	T2	T3	T4	T5	Código
T1	63,87						a
T2	45,37	18,50					b
T3	30,70	33,17	14,67				bc
T4	25,67	38,20	19,70	5,03			c
T5	18,87	45,00	26,50	11,83	6,80		c

Fonte: Software livre PAST

Em relação à resistência à compressão observa-se o esperado, com o aumento de percentual de EPS no concreto houve uma diminuição dos valores das respectivas resistências, na qual foi verificado pelo cálculo do coeficiente de Pearson o valor de -0,97 o que evidencia uma correlação negativa muito forte, facilmente notado pelo Gráfico de Dispersão 1.

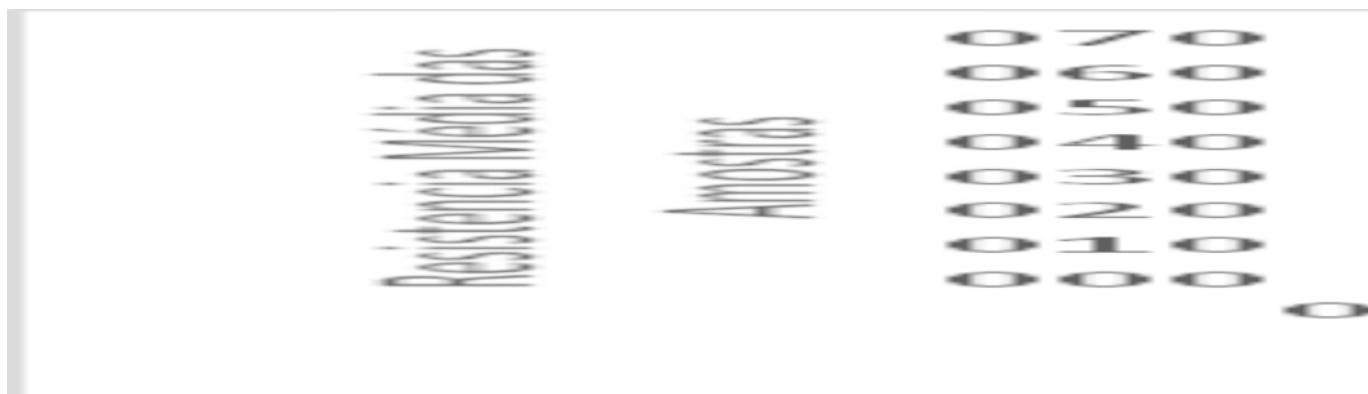


Gráfico 1. Resistência média do concreto estudado (Fonte: Jaryd Matias Cardoso)

Observa-se também que os valores de resistência à compressão obtidos nos ensaios estão superiores ao limite mínimo que estão estabelecidos pela NBR NM 35 (ABNT – Agregados Leves Para Concreto Estrutural, 1995) demonstrando um resultado considerável pois todos os traços atenderem a normativa com apenas 21 dias de cura, possibilitando resultados maiores quando atender aos 28 dias de cura.

Para a massa específica, obtiveram-se os valores conforme a Tabela 6 e notou-se o comportamento esperado, ou seja, a diminuição do valor com o incremento do teor de agregados leves. Entretanto, os traços resultaram em valores acima do que os considerados para concretos leves, quando comparado com dados retirados da NM NBR 35 (1995), que estabelece uma relação entre resistência à compressão e massa específica pra concretos leves estruturais. Logo, este parâmetro provavelmente não foi atendido por que foi medida a massa específica do concreto em situação saturada de água, ou seja, pode-se obter uma massa específica menor com uma correta secagem.

Tabela 6. Resultados obtidos no trabalho.

Traços	Massa Especifica Aparente (Ensaio)
T1	2476
T2	1979
T3	1934,4
T4	1632
T5	1595,2

Fonte: Jaryd Matias Cardoso

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve por objetivo avaliar a potencialidade da produção de concretos leves com adição de EPS em substituição parcial aos agregados graúdos. Os resultados demonstraram ser tecnicamente viável a produção de concretos leves com características não estruturais.

Apesar dos resultados obtidos com as diversos percentuais de pérolas de Poliestireno Expandido, os estudos indicam que o material independente de não ser caracterizado com concretos leve, pode ser utilizado como uma alternativa para os mais diversos usos, sendo possível a produção de concretos com baixas massas específicas e resistências variadas. Dessa forma, existe um largo espectro de possibilidades e opções para atender as mais variadas necessidades técnicas, operacionais e econômicas dos processos construtivos.

Por fim, constatou-se que com o aumento do teor de EPS nos traços, influenciou diretamente na redução da resistência à compressão do concreto. Logo, os resultados obtidos, aliados a estudos de outras propriedades não analisadas neste estudo, como o módulo de deformação, a resistência à tração e a durabilidade dos concretos podem contribuir significativamente para a difusão do uso do concreto leve com adição de EPS em obras da construção civil brasileira.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733** – Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 35** – Agregados Leves para Concreto Estrutural – Especificações. Rio de Janeiro, 1995.

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

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738** – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739** – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9833** – Concreto – Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro, 2009.

CATOIA, T. **Concreto Ultraleve® estrutural com pérolas de EPS: caracterização do material e estudo de sua aplicação em lajes**. 2012, 153p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

DIAS, Romel. **Análise Experimental Do Concreto De Pós Reativos: Dosagem E Propriedades Mecânicas**. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas), Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2006.

ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve estrutural: produção, propriedades, microestrutura e aplicações**. Editora Pini, 1ª Edição. São Paulo, 2009.

CASTRO, A. L.; PANDOLFELLI, V. C. **Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil**. Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de S. Carlos. São Paulo, 2009.