colloquium exactarum

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO CONCRETO PRODUZIDO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

ANALYSIS OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE MADE OF EXPANDED POLYSTYRENE (EPS)

Bruno Peruqui Guidio, Paloma Montecino Nunes, Cassio Fabian S. Campos, Daniele AraujoAltran

Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE. Faculdade de Engenharia, Presidente Prudente, SP. e-mail: brunopguidio@hotmail.com

RESUMO - Atualmente, o concreto é o material mais utilizado na construção e seu peso próprio comparado às cargas aplicadas é elevado. Por este motivo a redução de seu peso, por meio de agregados leves, vem tornando-se alvo de várias pesquisas visando à produção de concretos leves, conhecidos pelo reduzido peso específico e elevada capacidade de isolamento térmico e acústico. Foram comparados os comportamentos mecânicos de diferentes traços no concreto com uma substituição gradativa dos agregados graúdos naturais por Poliestireno Expandido (EPS), avaliando a massa específica, bem como a resistência mecânica a compressão. O concreto de referência apresentou resistência à compressão de 27MPa aos 28 dias de idade, já os concretos produzidos com EPS apresentaram diminuição dos resultados, sendo que o com 10% de substituição apresentou resistência 20,71MPa aos 28 dias. O concreto com EPS é mais leve, verificado pela redução do peso específico, o que pode ser favorável em várias situações.
Palavras-chave: poliestireno expandido; EPS; concreto leve estrutural; agregado leve; construção civil.

ABSTRACT - Currently, concrete is the most utilized material in construction and their weight itself compared to applied loads is high. Therefore reducing your weight through lightweight aggregates, the target of several studies aiming at the production of lightweight concrete, known by the low specific weight and high capacity for thermal and acoustic insulation is becoming. The mechanical behavior of different traits in concrete was compared with a gradual replacement of natural coarse aggregates for Expanded Polystyrene (EPS), evaluating the density and mechanical resistance to compression. The reference concrete had resistance to compression of 27MPa at 28 days of age, since the concrete produced with EPS showed lower results, and with 10% substitution showed resistance 20,71MPa to 28 days. The concrete EPS is lighter checked by reducing the specific weight, which may be favorable in some situations.
Keywords: expanded polystyrene; EPS; lightweight structural concrete; lightweight aggregate; construction.

Recebido em: 17/08/2014
Revisado em: 01/09/2014
Aprovado em: 16/09/2014

1 INTRODUÇÃO

O concreto de cimento Portland é o material mais utilizado na construção em todo o mundo. Isso se deve, ao fato de seus componentes serem produzidos, de modo relativamente fácil, a partir do emprego de matérias-primas locais (ROSSIGNOLO, 2009); além de possuir excelente resistência à água e a facilidade com que seus elementos estruturais podem ser executados, numa variedade de formas e tamanhos (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Nas obras de concreto, o peso próprio comparado às cargas aplicadas é mais elevado, assim sua baixa relação resistência/peso constitui um problema econômico na construção de edifícios altos, pontes com grandes vãos e estruturas flutuantes. Sendo assim, a diminuição da massa específica proporcionada com o uso de agregados leves, caracterizando um concreto leve, vem sendo de grande interesse.

Segundo Rossignolo (2009), a utilização desse material é particularmente atribuída aos benefícios promovidos pela diminuição da massa especifica do concreto, como a redução de esforços na estrutura das edificações, a economia com formas e cimbramento, bem como a diminuição dos custos com transporte e montagem de construções pré-fabricadas.

Além da redução da massa específica, a utilização de agregados leves pode ocasionar alterações significativas em outras importantes propriedades do concreto, com destaque para a trabalhabilidade e resistência mecânica (ROSSIGNOLO, 2009). Além disso, o concreto leve apresenta isolamento térmico melhor que o do concreto convencional, como indica Neville (1997), por exemplo.

Vários materiais podem ser utilizados como agregados leves, dentre eles a argila expandida, a escória sintetizada, cinzas e o Poliestireno Expandido (EPS). Este último sendo o material de estudo neste projeto.

De acordo com Kerbauy (apud CATÓIA, 2010), o concreto leve com EPS é denominado Concreto Ultraleve®, ou Concreflex®, onde o EPS atua como agregado leve e ao mesmo tempo incorporador de ar, destinado para fins estruturais e não estruturais, proporcionando melhorias dos aspectos técnicos de produtividade dos elementos de concreto.

Com a crescente necessidade da redução da massa específica do concreto, criando vários benefícios como: a diminuição de esforços nas estruturas, possibilidade de produzir peças com dimensões maiores, diminuição dos custos de transporte, redução do tempo de montagem e também aspectos ambientais; o uso de diferentes agregados leves torna-se uma alternativa muito viável

para suprir a demanda de agregados existentes no mercado.

Assim o emprego de EPS na produção de concretos com massa específica reduzida pode abrir portas para o emprego de resíduos de EPS e de outros materiais de mesma natureza.

O presente trabalho visa contribuir para as pesquisas do curso de Engenharia Civil da Universidade do Oeste Paulista e tem por objetivos:

- Avaliar a viabilidade da utilização de concretos feitos com EPS na substituição de agregados graúdos.
- Analisar a resistência mecânica à compressão e a massa específica. Para tal, faz-se uma comparação com corpos de prova, de modo que tanto o concreto convencional quanto o concreto feito a partir de pérolas de EPS obedecem às normas brasileiras da Associação Nacional de Normas Técnicas (ABNT) para a produção de moldes de concreto a metodologias de análises impostas pela mesma.

Entretanto, sabe-se que o concreto pode possuir função estrutural e não estrutural assim, esta pesquisa visa, num primeiro momento, a viabilidade de um material para uso com funções estruturais e também contribuir para diminuição da massa específica do concreto.

2 METODOLOGIA

Agregados são materiais granulares, geralmente inertes, que não possuem forma e volume definidos. Eles não só podem influenciar na resistência do concreto, mas também podem comprometer a durabilidade e o desempenho estrutural. Para esse experimento foram utilizados agregados adquiridos em lojas de materiais de construção da região e o EPS foi adquirido de uma loja especializada na venda das pérolas.

Para preparação dos concretos, tanto o concreto natural quanto os concretos com substituição de agregado, foi utilizada areia média quartzosa com módulo de finura 3,46; e a brita 1, com diâmetro máximo de 19,1mm.

O EPS é um plástico celular rígido, resultado da polimerização do estireno em água Como agente expansor para a transformação do EPS, emprega-se o pentano, um hidrocarboneto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica gerada pelos raios solares, o que não compromete o meio ambiente. O produto final são as pérolas que apresentam em seu volume até 98% de ar e 2% de poliestireno.

Para o desenvolvimento deste projeto experimental foram realizadas avaliações das

possíveis variações nas propriedades físicas e mecânicas do concreto tendo como agregado graúdo brita e pérolas de EPS.

Dentre as propriedades avaliadas as mais relevantes serão: a resistência à compressão, segundo NBR 5739 (ABNT, 1994) (que determina e descreve o método no qual se devem ensaiar corpos de prova cilíndricos à compressão); a massa específica seca e saturada seguiram a NBR 9778 (ABNT, 2005) (que prescreve o ensaio para determinação das massas específicas de concreto endurecido), e *slump*, segundo a NBR NM 67:1998 (ABNT, 1998) (que especifica um método para determinar a consistência do concreto fresco através da medida de seu assentamento, em laboratório e obra), todos os testes tiveram como comparação as propriedades de corpos de provas feitos com agregado natural comum.

Para a fabricação dos corpos de prova foi utilizado o cimento Portland II-F32 (CPII-F32), areia e brita sendo adquiridos em lojas de matérias para construção, cujas características foram fornecidas pelos fabricantes, e o EPS utilizado foi adquirido em fábrica de pérolas de EPS.

Devido a finalidade do projeto, que é avaliar as alterações causadas pela substituição do EPS pela brita, o desenvolvimento de uma dosagem experimental não foi realizado, utilizando assim um traço com as característica descritas por (SILVA, 1975), para a obtenção de uma resistência de 20MPa.

O volume de brita que será substituído pelo agregado que será aumentado gradativamente a cada 5%, identificando os traços conforme a porcentagem de EPS adicionada: Piloto (0%), Traço 1 (5%), Traço 2 (10%) e Traço 3 (15%); comparando seus desempenhos físicos e mecânicos. Testes e comparações de desempenhos físicos e mecânicos, foram realizados através de uma prensa hidráulica (Máquina Universal de Ensaios – 100 t. – EMIC / Nº série: N0940-NS017) e de equipamentos especializados, disponíveis nos laboratórios da UNOESTE, tomando por base o desempenho de um corpo de prova feito somente com o agregado comum.

Foi levada em conta a diferença entre o volume do agregado comum (brita) e do poliestireno expandido é o volume do agregado leve, onde, substituir simplesmente um agregado pelo outro resultaria em traços com quantidades maiores de agregados leves; tendo em vista que a massa específica do EPS é menor que a massa específica dos agregados naturais. Desta forma, para determinar precisamente a quantidade correta, em massa, do agregado leve, foi utilizada a proporção entre suas massas específicas (ver Tabela1) que resulta no valor exato correspondente a quantidade de agregado reciclado.

Tabela 1. Características dos agregados graúdos.

	Método de ensaio NM 53/2002
Agregado	**Massa específica (g/cm³)**
Graúdo natural (brita 1)	1,403
Graúdo leve	0,012

Após o preparo do concreto será feita a medição do assentamento através do teste de *slump* com a massa fresca. Em seguida moldam-se os corpos de prova cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, obedecendo a NBR 5738 (ABNT, 2003), que determina os procedimentos para a moldagem de corpos de prova cilíndricos para ensaio de resistência a compressão que ficaram nos moldes por 24 horas em repouso.

Transcorrido o tempo estabelecido, as formas foram retiradas e o material foi confinado na câmara úmida para realização da cura. Para obtenção de melhores resultados, os ensaios de resistência à compressão foram feitos seis vezes para cada traço.

Quanto à massa específica, três corpos de prova foram feitos com cada traço e separados dos demais e a metodologia utilizada foi determinada pela NBR 9778 (ABNT, 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados do *slump test* para os corpos de prova.

Tabela 2. Abatimento do cone (cm).

	NM 67 : 1998
Teor de substituição (%)	**Abatimento do cone (cm)**
0	9,0
5	6,5
10	5,5
15	4,5

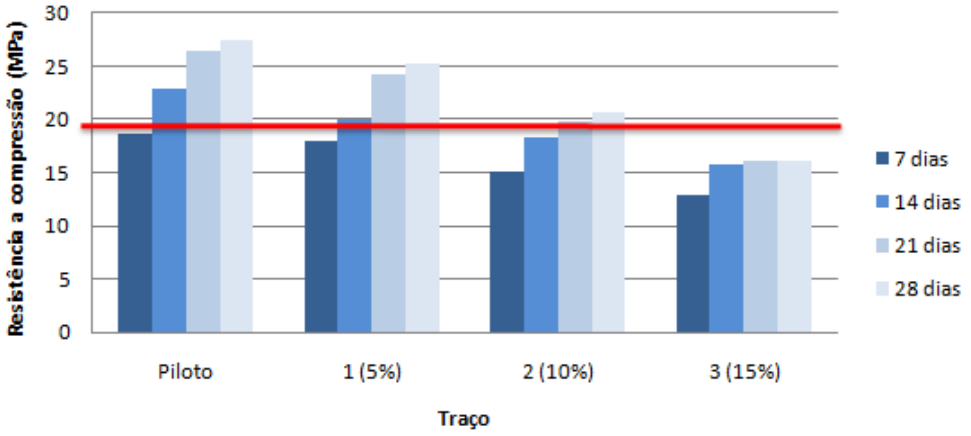
Considerando que a resistência à compressão do concreto é um fator determinante para sua utilização, tanto para função estrutural e não estrutural, os resultados obtidos estão na Tabela 3.

Tabela 3. Média das resistências à compressão (MPa).

	Idade do concreto			
Traço	**7 dias**	**14 dias**	**21 dias**	**28 dias**
Piloto	18,61	22,96	26,5	27,46
1 (5%)	18,01	20,00	24,28	25,21
2 (10%)	15,15	18,27	19,84	20,71
3 (15%)	12,94	15,77	16,03	16,11

O Gráfico 1 mostra o comportamento dos corpos de prova mediante as substituições.

Gráfico 1. Média das resistências à compressão por idade, em comparação com o parâmetro de 20 MPa.



A média da massa específica seca e saturada de cada traço pode ser vista na Tabela 4.

Tabela 4. Massa específica seca de cada traço.

Teor de substituição (%)	Massa específica seca (g/cm^3)	Massa específica saturada (g/cm^3)
0	2,33	2,48
5	2,24	2,39
10	2,18	2,32
15	2,08	2,22

A Tabela 5 apresenta a porcentagem de redução da massa específica seca e saturada de cada traço comparado com o piloto.

Tabela 5. Redução da massa específica seca em comparação com o traço piloto.

Teor de substituição (%)	Redução da massa específica seca (%)	Massa específica saturada (g/cm^3)
0	0,00%	0,00%
5	3,86%	3,63%
10	6,43%	6,45%
15	10,73%	10,48%

O s*lump test* é um dos métodos mais utilizados para determinar a trabalhabilidade do concreto em estado fresco, que determina o esforço necessário para manipular o concreto em estado fresco com perda mínima de homogeneidade.

O concreto com agregado leve apresentam valores de abatimento menores que os obtidos para os concretos convencionais, conforme mostrado na Tabela 2, não influenciando na perca de trabalhabilidade do concreto, pois a diminuição do abatimento, no *slump test*, é devida, essencialmente, à menor deformação do concreto leve pela ação da gravidade.

Observa-se na Tabela 3 que o piloto, ou seja, o traço sem teor de substituição, alcançou uma média de 27,46 MPa aos 28 dias de idade. Este resultado se apresenta significativamente superior ao esperado, que era de 20 MPa.

Os traços em que houve a substituição parcial da brita por EPS apresentaram uma diminuição de resistência. Observou-se que até 10% de substituição a resistência do concreto alcançou mais que 20 MPa aos 28 dias de idade, resistência mínima desejada para este projeto.

Considerando que o intuito do projeto era a diminuição dos esforços causados pelo peso especifico, compararam-se as massas especificas: seca e saturada, de cada traço, conforme Tabela 4.

Observa-se uma diminuição considerável em relação ao peso do piloto, como mostra a Tabela 5 chegando a 6,43% na substituição de 10%, onde se manteve a resistência desejada no projeto.

Na massa específica saturada houve uma redução de 6,45% na substituição de 10% de poliestireno expandido (Tabela 5).

4 CONCLUSÃO

Os experimentos realizados mostraram que para utilização adequada do EPS no concreto é preciso se levar em conta as diferenças determinantes entre os agregados, diferenças essas que determinam um resultado satisfatório para o concreto.

Constatou-se também que a dosagem do EPS a ser colocado no concreto deve ser feita através da composição volumétrica e não pela massa, devido à grande diferença

entre as massas específicas dos dois agregados.

Com relação ao abatimento, a substituição de brita por EPS diminuiu significativamente o *slump,* devido ao peso do EPS que é bem menor que o da brita, o que não influenciou na trabalhabilidade do concreto.

Quanto a resistência à compressão, a substituição do agregado graúdo, a brita, pelo EPS é viável para fins estruturais até o limite de 10%, considerando que nessa proporção o concreto permaneceu com resistência acima dos 20MPa. Para 15% de substituição o concreto poderia ser utilizado para fins não estruturais que exijam uma resistência de aproximadamente 15MPa.

O concreto produzido apresentou-se mais leve e com maior trabalhabilidade, possibilitando a diminuição do peso próprio da estrutura no dimensionamento da mesma, o que é positivo para a construção civil.

Para viabilizar a utilização de teores maiores do EPS no concreto indicam-se novas pesquisas que considerem um controle do fator de água e cimento do concreto, que é preponderante para sua resistência, e possivelmente a utilização de aditivos que proporcione maiores abatimentos nesse material.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5738 - concreto:** procedimento para moldagem e cura de corposde prova, para realizar os ensaios de resistência à compressão. Rio de Janeiro, 2003.

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 9778** - a**rgamassa e concreto endurecido -** Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR NM 53:2002 - agregado graúdo -** Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2002.

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

CATÓIA, T. **Concreto Ultraleve® estrutural com pérolas de EPS:** caracterização do material e estudo de sua aplicação em lajes. 2012. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos - SP.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto:** estruturas propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1994. 573p.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do concreto**. São Paulo: Pini, 1997. 828p.

ROSSIGNOLO, J.A. **Concreto leve estrutural: produção, propriedade, microestrutura e aplicações.** São Paulo: Pini, 2009. 144p.

SILVA, G.R. **Manual de traços de concreto**. São Paulo: Nobel, 1975. 113p.