

## **Substituição de agregados graúdos do concreto por materiais alternativos na fabricação de elementos não estruturais em concreto leve**

**Ederaldo Luiz Beline, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão**  
**lajes.altonia@gmail.com**

**Arthur Maffei Angelotti, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão**  
**arthur\_angelotti@hotmail.com**

**Tania Maria Coelho, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão**  
**EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão**

**Bruna dos Santos EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão**  
**brunadosantos@hotmail.com**

*Resumo: Atualmente há uma realidade de transformação quando se diz respeito a construção civil, impondo desafios e criando a necessidade de utilização de materiais alternativos. Desta forma construtoras estão aceitando e valorizando os produtos feitos a partir de material reciclado incluindo a utilização de concreto leve. Esse que é reconhecido pelo seu baixo peso específico e elevada capacidade de isolamento térmico e acústico. Nesse sentido nos propomos a produzir um material, a partir de matérias primas alternativas, com boa resistência, alta durabilidade, baixa densidade e custo competitivo. Os materiais alternativos escolhidos na substituição dos agregados graúdos foram argila expandida, poliestireno expandido (EPS) e carvão vegetal, que foram sendo substituídos gradativamente para a formação de corpos de prova. Desses corpos de prova obtivemos inicialmente as densidades e teores de absorção, e posteriormente, foram levados a prensas especiais a fim de obter ensaios de resistência à compressão simples. Os resultados obtidos mostraram que, quando quantidades maiores de agregados leves eram adicionadas a mistura, em substituição aos agregados graúdos, menores eram as resistências dos elementos ensaiados. Entretanto, os resultados foram satisfatórios, pois houve diminuição na densidade dos novos produtos, e a resistência, é maior que dos concretos leves produzidos com elementos tradicionais, indicando que o uso desses materiais alternativos tem bom potencial de mercado. Vale ressaltar que os corpos de prova obtiveram um elevado teor de absorção, indicando potencial de utilização em ambientes onde essas características sejam necessárias.*

*Palavras-chave: Concreto Leve; Construção Civil; Materiais não Estruturais.*

## 1. Introdução

Atualmente o Brasil vem se transformando de forma acelerada, produtiva e economicamente. Mas nos bastidores dessas transformações há uma realidade que impõe desafios importantes para as empresas de construção civil e seus materiais.

Assim, a utilização de processos e matérias-primas alternativas na construção civil já é realidade, e necessidade em inúmeras construções.

Com o concreto não é diferente, já que este, segundo Watanabe (2008), é o material mais utilizado na construção civil. Isso se deve a sua versatilidade e propriedade de assumir a forma do molde que o contém.

No entanto, muitas aplicações do concreto envolvem a correção de estruturas planas desniveladas, como pisos e lajes, além de servir de material de enchimento para detalhes arquitetônicos e embonecamento de canalizações, podendo ainda ser usado na fabricação de blocos estruturais e de vedação para paredes. Assim as construtoras têm reconhecido a necessidade de utilização de concreto leve na construção civil, reduzindo a carga sobre as fundações e conseqüentemente melhorando os custos da edificação, tornando-se justificável a pesquisa sobre materiais alternativos para a fabricação do mesmo, com a manutenção de sua resistência, porém, a custos competitivos.

Os concretos leves são reconhecidos pelo seu reduzido peso específico e elevada capacidade de isolamento térmico e acústico. Enquanto os concretos normais têm sua densidade variando entre 2300 e 2500 kg/m<sup>3</sup>, os leves chegam a atingir 500 kg/m<sup>3</sup>. (REDEMIX, S.D.).

Desta forma, o produto produzido tem alta resistência, alta durabilidade, baixa densidade e preço competitivo, com a possibilidade de tornar-se um produto inovador e de fácil obtenção e utilização em todos os canteiros de obra, reduzindo prejuízos causados por perdas pela fragilidade de materiais de vedação e fechamento, como tijolos e blocos, que de acordo com Hirschfeld (1996), apresentam perdas que vão de 3% a 20%.

Para que os objetivos desejados sejam alcançados serão utilizados materiais como: carvão vegetal, poliestireno expandido (EPS) e argila expandida para mistura junto à uma massa de cimento, areia e água para obtenção de um concreto com características de leveza e resistência, porém com as mesmas características e facilidade de moldagem do concreto estrutural.

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1 Concreto

O concreto é um material utilizado mundialmente, e estima-se que seu consumo anual seja da ordem de uma tonelada por habitante, sendo o segundo material mais utilizado, perdendo apenas para água. (PINHEIRO *et al.*, 2007). E entre os materiais estruturais o concreto é o mais utilizado no mundo (PIRES, LOPES E LACERDA, 2010).

O concreto é o resultado da mistura, em quantidades racionais, de aglomerante (cimento), água e agregados (pedra e areia), sendo que o cimento ao ser hidratado pela água, forma uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados (pedra e areia), formando um bloco monolítico (PORTAL DO CONCRETO, 2014).

Segundo Watanabe (2008) o concreto apresenta uma resistência à compressão entre 10 Mpa<sup>1</sup> e 50 Mpa.

Desde a sua invenção, em meados do século XIX, a tecnologia do concreto teve grande evolução, devido principalmente à melhora de técnicas de produção, a evolução da instrumentação e ao desenvolvimento de novos materiais (MELO, 2009).

De acordo com Almeida (2002), para se obter um concreto resistente, durável, econômico e de bom aspecto, deve-se estudar:

- As propriedades de cada um dos materiais componentes;
- As propriedades do concreto e os fatores que podem alterá-las;
- O proporcionamento correto e execução cuidadosa da mistura;
- O modo de executar o controle do concreto durante a fabricação e após o endurecimento.

## 2.2 Concreto Leve

A utilização de concreto leve se faz necessária em obras onde se requer uma estrutura mais esbelta e redução da carga sobre as fundações, e características desejadas para a edificação (ROSSIGNOLO, 2003), já que esse concreto apresenta massa específica de até 2000kg/m<sup>3</sup>. (BAUER e TOLEDO Apud FERREIRA e RIBEIRO, 2008).

Segundo ABCP ET-86 (1996), existe apenas uma maneira de produzir concreto leve, que é a de incorporar ar além do normal à sua composição. Essa maneira só é conseguida de três formas:

- Eliminando as partículas mais finas dos agregados;
- Substituindo a pedra britada por um agregado oco, celular ou poroso; e
- Introduzir grandes vazios no interior da massa de concreto.

Com o concreto leve pode ser obtido um alto padrão de qualidade, por ser um material de fácil moldagem, o que muito facilita os projetos arquitetônicos. (STOCCO, RODRIGUES e CASTRO, 2009).

Segundo Duarte *et. al* (2010) o concreto leve é uma solução que adapta-se a uma maior flexibilidade de organização do espaço interior, traduzindo-se em valor acrescido sob o ponto de vista arquitetônico.

Segundo Souza *et al.* (2006), o concreto leve pode ser aplicado em vários tipos de construções, como:

- Pré-fabricados;
- Elementos de vedação internos (paredes);
- Isolante térmico e acústico de lajes;

---

<sup>1</sup> Megapascal: unidade de medida de pressão (Força dividido por área). 1 MPa = 1x10<sup>6</sup> Pascal. 1 Pascal é igual a 1 N/m<sup>2</sup>.

- Resistência à propagação do fogo;
- Muros exteriores sem carga;
- Casas pré-fabricadas;
- Tijolos ou blocos de concreto leve;
- Revestimento de fachadas com concreto leve; e
- Elementos vazados de concreto leve.

Para obtenção dessa característica de concreto leve foram utilizados três elementos, que são: Argila Expandida, Carvão Vegetal e Poliestireno Expandido (EPS).

## 2.3 Argila Expandida

A utilização de Argila Expandida no concreto proporciona densidades que variam de 1200 a 1800 kg/m<sup>3</sup>. (CORTESIA DO CONCRETO, 2005). Esse que é um agregado leve que se apresenta em forma de bolinhas de cerâmica leves e arredondadas, com uma estrutura interna formada por um a espuma cerâmica (ABA ACÚSTICA, 2011).

A utilização da argila expandida na formação de concreto leve, não se deve apenas à redução do peso, mas também a diminuição significativa de custos, mostrando-se cada vez mais vantajosa se comparada à utilização de estruturas em concreto convencional (CINEXPAN, 2013).

## 2.4 Carvão Vegetal

De acordo com MEIRA (2002), o carvão vegetal é definido como um resíduo sólido que se obtém da carbonização da madeira, na ausência de ar.

A agregação de carvão vegetal ao concreto tem como finalidade a redução da densidade do concreto, sendo disponibilizadas poucas informações quanto a densidade obtida com a substituição dos agregados graúdos pelo carvão vegetal.

## 2.5 Poliestireno Expandido (EPS)

Isopor é um nome comercial da espuma de poliestireno, ou poliestireno expandido, que também é conhecido como EPS. É um produto sintético proveniente do petróleo (BERLOFA, 2009).

O concreto com EPS também pode ser mesclado com o concreto convencional, tornando-o um composto de ótima resistência, impermeável e leve, não exigindo esforços técnicos muito intensos. Por ter um peso menor que o concreto convencional, alivia as cargas sobre as fundações, tornando os edifícios mais esbeltos. (STOCCO, RODRIGUES e CASTRO, 2009). Podendo chegar a concretos com densidades de 400kg/m<sup>3</sup> a 1.600kg/m<sup>3</sup> (ISOFÉRES, 2012).

## 3. Metodologia

A princípio foi realizada uma revisão de literatura detalhada sobre massas de concreto leve já existentes. Portanto, foram verificados dados sobre questões relativas à fabricação de massa de concreto leve por meio de leitura, análise de gráficos, artigos, relatórios, os processos e as possibilidades necessárias para que o projeto esteja embasado cientificamente.

Após a revisão de literatura iniciou-se a confecção dos blocos com concreto leve. As etapas do processo estão descritas na Figura 1:

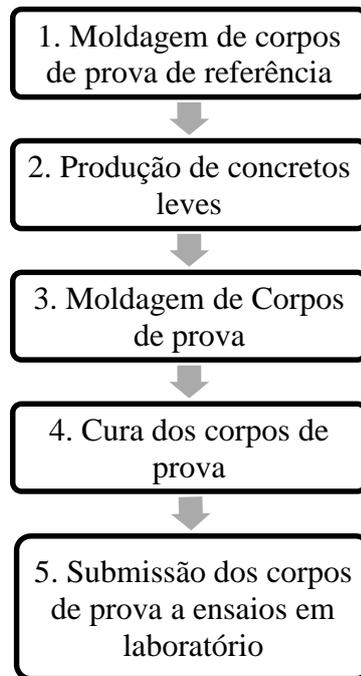


FIGURA 1 - Fluxograma do processo de fabricação do concreto leve. Fonte: Elaborado pelo autor

Na etapa 1, moldou-se corpos de prova, em moldes padronizados pela ABNT, usando o concreto tradicional, que foi utilizada como base para comparação de resistência e densidade com o concreto leve proposto.

Posteriormente, para a realização da etapa 2, foram utilizados os seguintes produtos, substituindo de forma gradativa o agregado graúdo nobre do concreto, para a redução da massa específica do concreto:

- Carvão vegetal;
- Poliestireno expandido (EPS);
- Argila expandida.

Nessa etapa do processo, parte do agregado graúdo utilizado no concreto foi substituído, em proporções crescentes:

- 1/3 de pedra brita por agregados leves;
- 2/3 de pedra brita por agregados leves; e
- Substituição total de pedra brita por agregados leves.

Na etapa 3, para a moldagem dos corpos de provas, utilizou-se os mesmos moldes do concreto de referência, que na etapa 4 foram curados em ambiente úmido por 21 dias.

Por fim, os corpos de prova foram submetidos a ensaios de absorção, resistência à compressão simples e densidade aparente, seguindo-se a normatização da ABNT.

Para o teste de teor de absorção foi utilizado a Fórmula 1,

$$A\% = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100 \quad (1)$$

Onde:

$Mh$  = Massa do corpo saturado em água

$Ms$  = Massa do corpo seco em estufa

$A\%$  = Teor de absorção

#### 4. Resultados e Discussão

Após finalizar as atividades experimentais do projeto, foram obtidos 20 corpos de provas, com 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, utilizando frações diferentes de agregados leves distintos, sendo:

- 2 corpos de prova de referência (sem a utilização de agregado leve);
- 6 corpos de prova com adição de carvão vegetal;
- 6 corpos de prova com adição de argila expandida; e
- 6 corpos de prova com adição de EPS.

A figura 2 mostra a aparência e formato dos corpos de prova depois da etapa de cura.



FIGURA 2 -formato dos corpos de provas obtidos. Fonte: Elaborado pelo autor

Os corpos de prova foram pesados em balanças de precisão e rompidos em prensas específicas, determinando a densidade e sua resistência à compressão simples. A resistência é

obtida através da razão da carga aplicada pela prensa em Newtons (N) pela área da seção transversal do corpo de prova em metros quadrados (m<sup>2</sup>). Os dados de resistência dos corpos de prova de referência obtidos estão disponíveis na Tabela 1.

TABELA 1 -massa, volume, densidade e resistência dos corpos de provas de referência

Material	Corpo de Referência	
	1	2
Amostra		
Porcentagem de Agregado Leve	-	-
Massa (Kg)	3,639	3,705
Volume (L)	1,57	1,57
Densidade (Kg/L)	2,317	2,359
Resistência (Mpa)	18,9	19,3

Os resultados obtidos após o rompimento dos corpos de prova de referência foram utilizados como parâmetro para comparação dos corpos de prova com substituição do agregado graúdo da mistura.

Nas Tabelas 2, 3 e 4 são apresentados os resultados obtidos após a utilização de EPS, Argila Expandida e Carvão vegetal em substituição aos agregados graúdos, respectivamente.

TABELA 2 -massa, volume, densidade e resistência dos corpos de provas com utilização de EPS

Material	EPS					
	1			2		
Amostra						
Porcentagem de Agregado Leve	33%	66%	100%	33%	66%	100%
Massa (Kg)	3,257	2,523	1,99	3,288	2,605	2,056
Volume (L)	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
Densidade (Kg/L)	2,075	1,607	1,268	2,094	1,659	1,309
Resistência (Mpa)	13,1	11,4	8,7	13,7	11,8	10,2

TABELA 3-massa, volume, densidade e resistência dos corpos de provas com utilização de Argila Expandida

Material	Argila Expandida					
	1			2		
Amostra						
Porcentagem de Agregado Leve	33%	66%	100%	33%	66%	100%
Massa (Kg)	3,242	2,836	2,439	3,246	2,762	2,255
Volume (L)	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
Densidade (Kg/L)	2,065	1,806	1,554	2,068	1,759	1,436
Resistência (MPa)	14,7	13,9	11,6	15,2	13,2	12,2

TABELA 4-massa, volume, densidade e resistência dos corpos de provas com utilização de Carvão Vegetal

Material	Carvão Vegetal					
	1			2		
Amostra						
Porcentagem de Agregado Leve	33%	66%	100%	33%	66%	100%
Massa (Kg)	3,348	2,902	2,311	3,299	2,938	2,181
Volume (L)	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
Densidade (Kg/L)	2,132	1,848	1,472	2,101	1,871	1,389
Resistência (Mpa)	13,9	11,7	10,7	13,6	12,1	10,3

Nota-se que, mesmo alguns autores considerando concreto leve como sendo aquele que possui massa específica até  $2.000 \text{ kg/m}^3$ , com o corpos de provas alcançou-se valores que variaram de  $2.065 \text{ kg/m}^3$  a  $2.132 \text{ kg/m}^3$  nas amostras contendo 33% de material leve em substituição ao agregado graúdo, sendo os referidos valores considerados concretos leves.

Com a substituição de 66% e total dos agregados graúdos por agregados leves os corpos de provas atingiram uma massa específica inferior a  $2.000 \text{ Kg/m}^3$ .

E mesmo com a redução de resistência a compressão, com a utilização de Argila Expandida, a perda máxima de resistência é de aproximadamente 35%, a mesma taxa de redução de peso.

Nos testes de absorção, utilizaram-se as medidas de massa seca e massa úmida (saturado em água) dos corpos de prova. Para isso foi utilizado a Fórmula 1. Os dados são expostos na Tabela 5.

TABELA 5-Índice de Absorção dos Corpos de Prova

ENSAIO DE ABSORÇÃO				
Traço	Amostra	Massa Seca	Massa Saturada	Teor de Absorção (%)
33% EPS	1	3,218	3,291	2,268
	2	3,251	3,325	2,276
66% EPS	1	2,508	2,704	7,815
	2	2,433	2,636	8,344
100 % EPS	1	2,005	2,150	7,232
	2	1,938	2,084	7,534
33% Argila Expandida	1	3,159	3,208	1,551
	2	3,154	3,283	4,090
66% Argila Expandida	1	2,639	2,787	5,608
	2	2,701	2,853	5,628
100% Argila Expandida	1	2,158	2,336	8,248
	2	2,322	2,488	7,149
33% Carvão Vegetal	1	3,292	3,389	2,947
	2	3,336	3,443	3,207
66% Carvão Vegetal	1	2,890	3,036	5,052

	2	2,927	3,074	5,022
<b>100% Carvão Vegetal</b>	1	2,167	2,406	11,029
	2	2,300	2,528	9,913
<b>Referência</b>	1	3,620	3,721	2,790
	2	3,704	3,802	2,646

Conforme a maior utilização de agregados leves o teor de absorção de água aumenta gradativamente. Onde se destaca o carvão vegetal, que na substituição de 100% dos agregados graúdos, o teor de absorção é de até quatro vezes maior que os índices das outras misturas, indicando que essa mistura pode ser aplicada em áreas onde a absorção seja necessária.

## 5. Considerações Finais

Concluiu-se que os corpos de prova obtidos apresentaram homogeneidade com característica de leveza. E que mesmo não alcançando a densidade estabelecida pela teoria para ser considerado concreto leve, os corpos de prova com a substituição de 33% dos agregados leves obtiveram um bom resultado, já que não houve uma grande perda de resistência.

Notou-se que, com a utilização de Argila Expandida e Carvão Vegetal os corpos de prova tiveram uma menor redução da densidade, no entanto a resistência teve uma menor queda.

Pode-se concluir que os corpos de prova com agregados leves obtiveram um maior índice de absorção de água, principalmente quando utilizado carvão vegetal, apresentando índices de absorção cerca quatro vezes maior que as outras amostras. Assim, sugere-se estudos sobre a utilização de concreto com carvão vegetal para ambientes externos, onde se deseja a absorção de água.

### Referências

ABA ACÚSTICA. *Argila Expandida*. 2011. Disponível em: <<http://www.abaacustica.com.br/argila.pdf>> acesso em 21 de Outubro de 2015 às 22:40hrs.

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. *Concretos leves. Tipos e comportamento estrutural*. São Paulo-SP, Abcp, Estudo Técnico n.º 86, 68p., 1996.

ALMEIDA, L. C. de. *Concreto*. Universidade Estadual de Campinas. 2002. 24 f. Notas de Aula. Digitalizada.

BERLOFA, A. da S. *A viabilidade do uso do poliestireno expandido na indústria da construção civil*. 2009. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Faculdade de Tecnologia da Zona leste. São Paulo (São Paulo), 2009.

CINEXPAN. *Concreto leve*. 2013. Disponível em: <<http://www.cinexpan.com.br/concreto-leve-estrutural.html>> acesso em 20 de Outubro de 2015 às 23:00hrs.

CORTESIA DO CONCRETO. *Engenharia do Concreto*. 2005. Disponível em: <<http://cortesiacoconcreto.com.br/assets/files/manual-do-concreto.pdf>> acesso em: 20 de Outubro de 2015 às 19:10hrs.

DUARTE, et. al. *Paredes Interiores*. Instituto Superior Manuel Teixeira Gomes (ISMAT). 2010 – 2011. 36 f. Notas de aula. Digitalizada.

# IX EEPA

IX ENCONTRO DE ENGENHARIA  
DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL  
19 A 20 DE NOVEMBRO DE 2015

FERREIRA, C. N. G.; RIBEIRO, M. C. F. *Reutilização de Resíduos de EPS na Produção de Concreto Leve*. 2008. 43 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) –Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos (São Paulo), 2008.

HIRSCHFELD, H. *A Construção Civil e a Qualidade: informações e recomendações para Engenheiros, Arquitetos, Gerenciadores, Empresários e Colaboradores que atuam na Construção Civil*. São Paulo, Atlas, 1996.

ISOFÉRES. *Concreto Leve*. 2012. Disponível em: <<http://www.isoferes.com.br/imagens/ARQUIVOS%20PDF%20SITE/CONCRETO%20LEVE.pdf>> acesso em: 20 de Outubro de 2015 às 23:20 hrs.

MEIRA, A.M. *Diagnóstico sócio-ambiental e tecnológico da produção de carvão vegetal no município de Pedra Bela*. 2002. 99f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba, 2002.

MELO, A. C. F. de. *Desenvolvimentos recentes em blocos de betão leve*. In: SEMINÁRIO SOBRE PARECE DE ALVENARIA. 2002. Porto – Portugal. Anais... Porto: PB. Lourenço & H. Sousa, 2002. p. 149.

PINHEIRO L. M. *et al. Fundamentos do concreto e projeto de edifícios*. 2007. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/1916668-Fundamentos-do-concreto-e-projeto-de-edificios.html>>. Acesso em 20 de Outubro de 2015 às 20:28 hrs.

PIRES, A.; LOPES, D.; LACERDA, E. *Concreto Sustentável*. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2010.

PORTAL DO CONCRETO. *Concreto*. 2014. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/concretos.html>> Acesso em: 21 de Outubro de 2015.

REDEMIX. *Tipos de Concreto*. S.D. Disponível em: <<http://www.redimix.com.br/TiposDeConcreto/>> acesso em 20 de Outubro de 2015 às 22:00hrs.

ROSSIGNOLO, J. A. *Concreto leve de alto desempenho modificado com SB para pré-fabricados esbeltos – dosagem, produção, propriedades e microestrutura*. 2003. 220 f. Tese (Doutorado) – Inter unidades EESC/IFSC/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos (São Paulo), 2003.

SOUZA, L. M. *et al. Compósito a base de gesso e EPS para fabricação de casas populares*. 17º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (CBECIMat), 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

STOCCO, W.; RODRIGUES, D.; CASTRO, A. P. de A. S. *Concreto leve com uso de EPS*. In: Congresso Brasileiro de Educação (COBENGE), 37., 2009. Recife (Pernambuco). *Anais...*Salto (São Paulo): Centro Educacional Nossa Senhora do Patrocínio (CEUNSP), 2009, 7 p.

WATANABE, P. S. *Concretos especiais – propriedades, materiais e aplicações*. Bauru (São Paulo): Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus Bauru. 2008. 201 p. (Relatório Final, 06/55978-1).