



INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

"KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE"

Blocos LEGOLEVE - Uma Alternativa para Alvenaria de Vedação Intertravada

R. C. Kanning ^a, J. A. Cerri ^b

*a. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba,
rckanning@yahoo.com.br*

b. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

Resumo

Os materiais que constituem o lixo urbano, o déficit habitacional, o elevado consumo de recursos naturais e geração de resíduos pela construção civil são assuntos de grande importância e preocupação para todas as nações. O projeto LEGOLEVE apresenta-se como uma proposta para minimizar esses problemas, pois o EPS (Isopor) e as garrafas PET além de reduzirem o uso de recursos naturais como a areia, não utilizam argamassa de assentamento, fornecem matérias-primas para a produção de blocos, reduzem o volume do lixo a ser disposto; tem baixo custo de produção e sob orientação técnica permitem aos futuros moradores a execução das alvenarias em tempo reduzido. O foco principal desta dissertação foi avaliar o comportamento de blocos pré-fabricados produzidos em concreto leve com agregado reciclado de EPS e travados por meio de garrafas PET. O desenvolvimento dos blocos LEGOLEVE baseou-se nas definições: do teor de EPS no concreto leve, do molde e dos processos de moldagem e cura, utilizando nessa etapa corpos-de-prova cilíndricos. Uma vez definido o melhor traço de concreto e o processo de cura, blocos foram moldados e ensaiados, comparando os resultados com blocos cerâmicos de vedação. Os resultados físicos e mecânicos mostram que os blocos LEGOLEVE atendem as prescrições da NBR 15270/2005, embora seja importante ressaltar que não há norma técnica específica para este bloco. Outro resultado importante é que as garrafas provocam um travamento horizontal dos blocos, substituindo com vantagens a argamassa à base de cal. Com relação ao custo e produtividade dos blocos LEGOLEVE, se comparados aos blocos cerâmicos de vedação, utilizam 75% a menos de elementos construtivos, consomem quantidades significativamente menores de argamassas (cerca de 100 vezes menos) e permitem executar a tarefa em um tempo 75% menor com reduzido desgaste físico do profissional assentador.

Palavras-chave: Blocos de Concreto, LEGOLEVE, garrafas PET, EPS.

1 Introdução

A intensa industrialização, o advento de novas tecnologias para aumentar a produção, o crescimento populacional e concentração em centros urbanos, diversificação do consumo e o aumento no volume de resíduos se transformaram em graves problemas urbanos. Aliado a esse panorama, o gerenciamento oneroso e complexo dos resíduos, considerando-se a massa e o volume gerados, principalmente após a década de 1980, colocam-se como grandes desafios para os próximos anos (ÂNGULO et al, 2001).

O princípio da sustentabilidade proposto para o desenvolvimento econômico moderno fez com que as indústrias passassem a se preocupar com os recursos naturais aplicados na produção e aos efeitos ao meio ambiente. A aplicação da série de normas ISO 14.000 demonstra esta preocupação (LIMA, 2003).

A reciclagem é essencial para o desenvolvimento sustentável, uma vez que a geração de resíduos pode ser minimizada, mas não eliminada. Além disso, ela apresenta muitas vantagens como a redução do consumo de energia, da poluição e de aterros. Não obstante as vantagens, apesar dos benefícios ambientais obtidos com a reciclagem de resíduos, ainda encontram-se barreiras perante a construção civil oriundas de uma suposta baixa qualidade dos produtos contendo resíduos (JOHN, 2000).

De acordo com MEHTA e MONTEIRO (1994), a construção civil, apesar de produzir grandes impactos ambientais, apresenta um grande potencial para consumo de resíduos das outras indústrias. Há vários tipos de resíduos industriais que já são reaproveitados ou reciclados, porém sua aplicação ainda é restrita (QUEBAUD et al, 1997). Hoje se tem, como exemplo, o aproveitamento de resíduos de escória de alto-forno no cimento Portland (MEHTA e MONTEIRO, 1994), a sílica ativa em concretos de alta resistência (AÍTCIN, 2000) e o poliuretano como agregado para blocos de alvenaria (LIMA, 2003).

Com relação às limitações de espaço existente para dispor os resíduos gerados pelas indústrias e o aumento da preocupação ambiental, o setor da construção civil investiga caminhos alternativos que possibilitem depositar tais resíduos de forma segura e econômica. Assim, os estudos baseados no princípio de inertização pelos processos de solidificação e estabilização de resíduos permitem não só aumentar a segurança na deposição de resíduos perigosos como obter novos materiais. Neste processo, pela adição de aglomerante ao resíduo, a matriz adquire resistência durante o processo de cura e os compostos poluentes ficam fixados aos compostos hidratados do cimento (LUZ et al, 2001).

Um projeto que contribua para a redução do déficit habitacional, utilizando materiais pós-consumo como as embalagens de garrafas PET inteiras e o EPS em forma de pérolas e flocos contribuem com o conceito de construções sustentáveis (KANNING e SILVÉRIO, 2003 e KANNING et al, 2004). A utilização do EPS triturado em forma de pérolas e flocos serve como matéria-prima para a produção de concreto utilizado em blocos e as garrafas do tipo PET inteiras como elementos de travamento para alvenarias sem argamassa de assentamento. A utilização desses resíduos favorece a redução e/ou eliminação do consumo de matérias-primas como areia, pedrisco, cal e cimento na produção de blocos e na execução de alvenarias de baixo custo. Isso contribui também para a redução do lançamento desses resíduos em aterros sanitários ou locais impróprios, como córregos, rios e terrenos baldios.

2 Metodologia

A pesquisa experimental foi desenvolvida em três etapas. A primeira constituiu-se na definição detalhada do projeto dos blocos LEGOLEVE, a segunda na caracterização dos materiais utilizados e a terceira na dosagem e ensaios do concreto leve.

2.1 Blocos LEGOLEVE

Originados dos blocos ISOPET, os blocos LEGOLEVE foram desenvolvidos com sistemas de encaixes verticais do tipo macho e fêmea, e horizontais gerados por

garrafas PET. Os blocos têm seu princípio baseado nos brinquedos de montar do tipo "LEGO", como mostra a Figura 2.1. Com características inovadoras os blocos foram intitulados de LEGOLEVE, sendo LEGO = fácil de montar e LEVE = fácil de manusear.

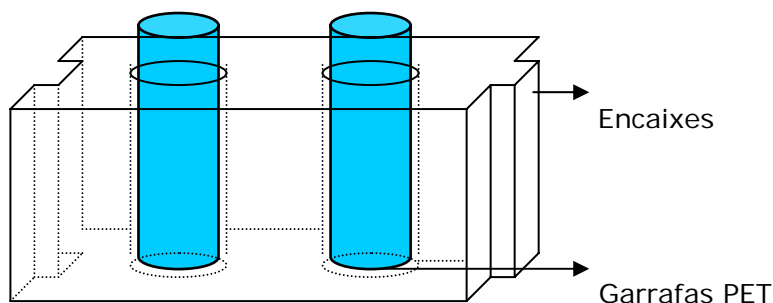


Figura 2.1 - Desenho esquemático dos blocos LEGOLEVE

Tendo como base dados prescritos pela NBR 8042/92, as dimensões dos blocos cerâmicos de (14 x 19 x 39) cm foram adaptadas para (15 x 20 x 40) cm tendo como parâmetros a eliminação de argamassa de assentamento exceto na primeira fiada, obtendo-se desta forma blocos intertravados. Caracterizam-se como blocos intertravados, os quais possibilitam aumentar a produtividade na execução das alvenarias entre 80% e 120% em relação à alvenaria convencional, representando uma redução significativa de tempo em obras de alvenaria e obras habitacionais de interesse social, como descrevem ANAND e RAMAMUTHY (2003). Os blocos possuem dimensões que possibilitam o posicionamento de garrafas PET, sem que haja o comprometimento de suas resistências, como mostra a Figura 2.2.

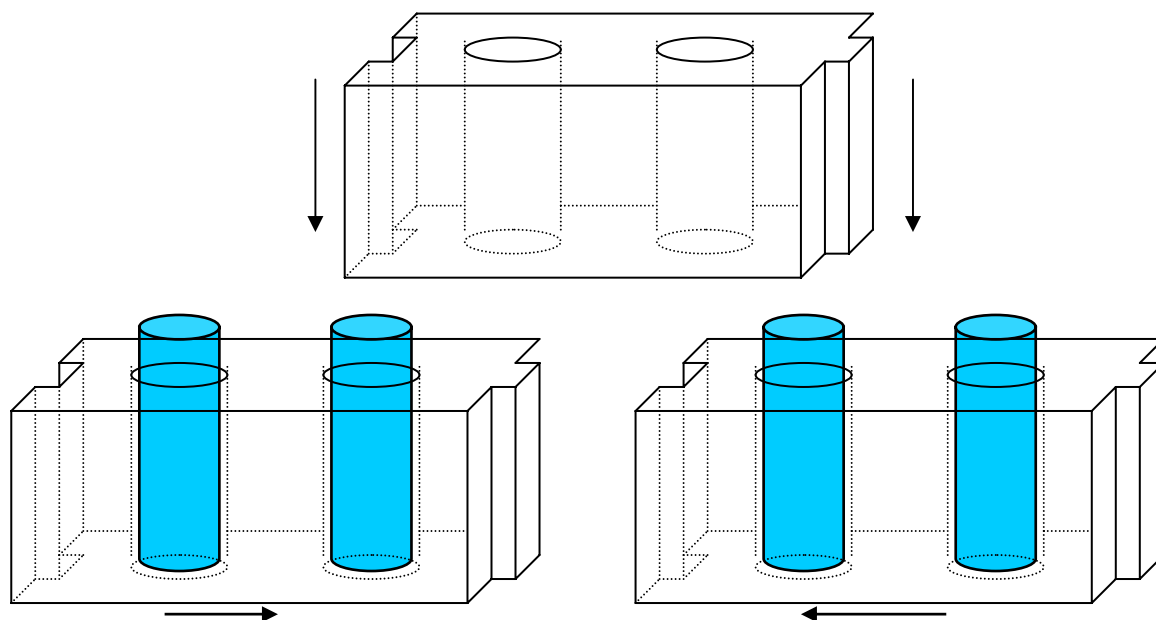


Figura 2.2 - Forma de encaixe entre os blocos LEGOLEVE

O intertravamento dos blocos se dá primeiramente com a junção dos encaixes verticais e posteriormente pelos encaixes horizontais gerados pelas garrafas do tipo PET, como mostra a Figura 2.3.

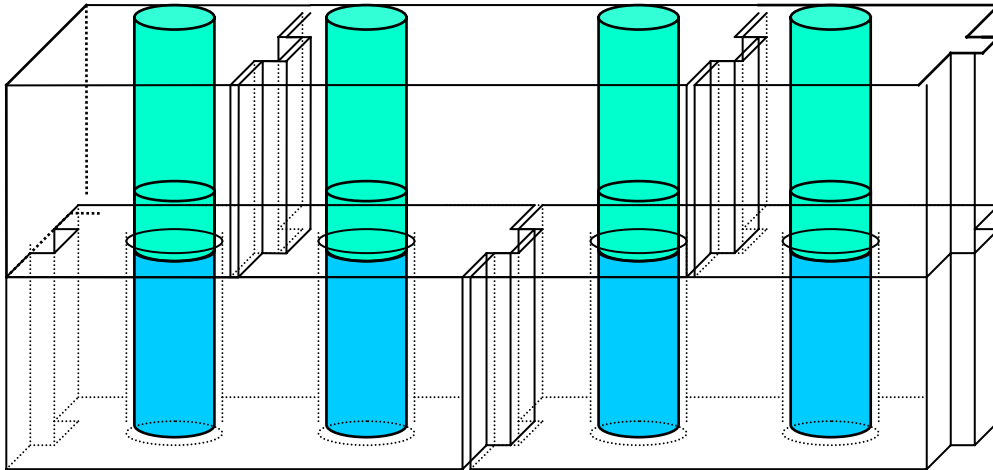


Figura 2.3 - Posicionamento dos blocos e seus respectivos encaixes

2.2 Materiais Utilizados

2.2.1 Agregado miúdo natural e artificial

O agregado miúdo natural utilizado na produção dos blocos LEGOLEVE foi do tipo quartzoso proveniente do Rio Iguaçu na região de Curitiba.

O agregado miúdo artificial utilizado foi o EPS beneficiado por meio de um triturador de milho de 1 HP com abertura das peneiras no diâmetro máximo de 12 mm, conforme as Figura 2.4 e 2.5.



Figura 2.4 - Triturador de milho utilizado para produzir agregados de EPS



Figura 2.5 - Embalagens pós-consumo de EPS a serem trituradas

A escolha deveu-se ao fato de além, de serem resíduos, constituírem a maior parcela de agregado utilizado na composição do concreto leve.

2.2.2 Aglomerante

O cimento utilizado foi do tipo CP II-Z 32 (cimento Portland composto com cinzas volantes e que apresenta resistência mecânica à compressão de 32 MPa, 28 dias após moldado), devido ao menor custo e a facilidade de aquisição.

2.2.3 Água

A água utilizada para a produção do concreto leve foi proveniente da rede de abastecimento público local, fornecida pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

2.2.4 Garrafas PET

A coleta das garrafas previu uma parceria com a lanchonete Me Pastel situada na rua Desembargador Westephalen e no conjunto habitacional Vila Izabel situado na rua Tamoios, como mostra a Figura 2.6.



Figura 2.6 - Coleta das garrafas no conjunto Vila Izabel

Foram coletadas garrafas do tipo PET 2,0 litros, como mostra a Tabela 2.1, para a realização de ensaios em laboratório.

Tabela 2.1 - Coleta de garrafas do tipo PET

Local	Coleta Semanal - PET 2,0 litros
Me Pastel	50
Vila Izabel*	320
Total	370

* O conjunto Vila Izabel é composto por 8 blocos com 16 apartamentos por bloco.

O beneficiamento das garrafas PET se deu com a retirada de restos de refrigerante do seu interior e com o recorte do fundo por meio de uma serra-fita para que estas pudessem ser conectadas umas às outras.

2.3 Ensaios Laboratoriais

Para melhor apresentação dos ensaios Laboratoriais executados no LABMAT, o programa experimental segue o diagrama, conforme Figura 2.7:

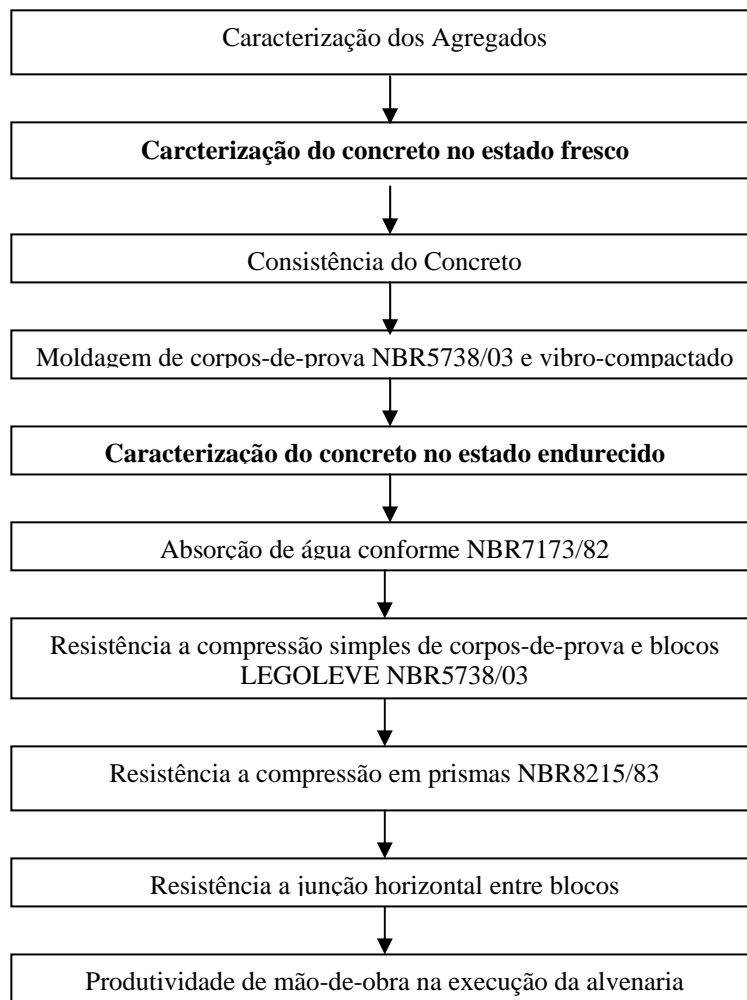


Figura 2.7 – Etapas de ensaio do programa laboratorial

3 Resultados e Discussão

Os resultados apresentados mostram que o bloco LEGOLEVE é uma proposta que contribui para as soluções tanto de problemas relacionados ao déficit habitacional, especialmente para as classes sociais menos favorecidas, quanto no gerenciamento de dois componentes do lixo urbano, os quais ocupam grandes volumes em lixões e aterros sanitários. Embora o PET seja intensivamente reciclado e com tecnologia para esse processo já desenvolvida, o EPS tem baixo nível de reciclabilidade seja pelo baixo valor agregado na venda, reduzido número de aplicações ou ainda, pela não disponibilidade de uma tecnologia viável no aspecto técnico-financeiro.

Pelos valores obtidos nos ensaios o bloco LEGOLEVE caracteriza-se como um elemento de vedação para execução de alvenarias. Isso significa que somente as alvenarias não suportam um segundo pavimento ou mesmo um telhado, necessitando de estruturas com maior capacidade de carga, como, por exemplo, pilares e vigas, comumente de concreto. No entanto, a existência dos dois furos no bloco permitem que depois de executada a alvenaria, alguns deles e distanciados uns dos outros entre 1 e 1,5 metros, sejam preenchidos com concreto e reforçados com barras de aço, configurando assim, pilares e vigas (na última fiada) estruturais. Dessa forma, torna-se possível à execução do telhado e de dois ou mais pavimentos superiores.

Embora a proposta ao desenvolver o bloco LEGOLEVE tenha sido baseada naquela que inspirou o desenvolvimento do bloco ISOPET, ou seja, a de ser utilizada na construção de habitações sociais em regime de mutirão, tanto na produção dos blocos como execução das unidades habitacionais, os resultados mostram a necessidade de produção dos blocos de forma industrializada e sob supervisão de um responsável técnico. Mesmo no caso da aparente facilidade de encaixe dos blocos, não deve ser dispensada a presença de um responsável técnico para garantir a qualidade e segurança.

Comparando-se os processos de moldagem ficou claro que a vibro-prensagem, além de garantir um maior volume de produção também proporciona melhor empacotamento dos componentes do concreto, o que resulta em menor absorção de água e maior resistência mecânica à compressão. Ainda relativo à produção dos blocos, um fator que reduz os custos é a não necessidade de curas especiais (em câmara úmida ou vapor), devendo somente permanecer protegido do vento e insolação direta por cerca de 12 horas e então poderem ser transferidos para o pátio a fim de continuarem o processo de cura, como a maioria dos elementos pré-fabricados de concreto.

No desenvolvimento dos blocos LEGOLEVE usou-se como material de referência o bloco cerâmico de vedação, de modo que principalmente os valores de absorção de água e resistência mecânica à compressão fossem compatíveis entre os dois blocos, de acordo com a norma de blocos cerâmicos para vedação. Embora os valores obtidos atendam aos estabelecido pela NBR 7171/92, os padrões para absorção de água e resistência mecânica à compressão foram alterados após a publicação da nova norma para blocos cerâmicos de vedação (NBR 15270-1 e 2) em 31 de Agosto de 2005. Comparando-se os valores obtidos com os da norma vigente, a absorção de água continua atendendo a normalização como atendia a norma antiga, mas a resistência mecânica à compressão deixa de atender, uma vez que o valor médio alcançado para os blocos foi de 0,7 MPa aos 7 dias e 1 MPa aos 28 dias, enquanto o valor previsto pela norma é de 1,5 MPa. Com relação a corpos-de-prova cilíndricos foram obtidos valores médios de 1,74 MPa aos 7 dias e 1,86 MPa aos 28 dias, para o traço com menor adição de EPS. Uma vez que os blocos LEGOLEVE avaliados

foram produzidos com o traço 60% de EPS (com a segunda menor adição de EPS), existe um potencial para que os blocos venham a atingir o valor de RMCS previsto em norma. É importante ressaltar também que nenhum aditivo químico redutor de água (superplastificante) foi adicionado, fato que poderia reduzir a relação água/cimento aumentando a RMCS, como já estabelecido na tecnologia do concreto.

O ensaio de prisma simulando uma pequena porção de uma alvenaria sob carregamento demonstrou a ausência de argamassa de assentamento entre os blocos não afetou o desempenho, uma vez que as trincas resultantes da aplicação da carga foram acomodadas pela deformação dos blocos, papel esse desempenhado pelas argamassas.

As garrafas mostraram-se adequadas para travarem os blocos horizontalmente, substituindo a argamassa, conforme demonstrado no ensaio para verificar a carga necessária aplicada na junção para separar dois blocos.

Finalmente, para os testes relativos ao consumo de argamassa e produtividade na execução de alvenarias, adotou-se uma área de 2,4 m² para comparação entre os blocos cerâmicos de vedação e os blocos legoleve. Os resultados mostram que os blocos legoleve utilizam 75% a menos de elementos construtivos, consomem quantidades significativamente menores de argamassas (cerca de 100 vezes menos), permitem executar a tarefa em um tempo 75% menor com reduzido desgaste físico do profissional assentador.

4 Conclusão

Dentre todas as alternativas tecnicamente viáveis para a reciclagem do EPS e das garrafas PET, visando reduzir os impactos ambientais decorrentes destes resíduos, avaliou-se neste trabalho, a alternativa que apresenta grande potencial de comercialização, pela aplicação desses resíduos como matéria-prima na fabricação de blocos para alvenaria de vedação.

Os ensaios de caracterização dos agregados, os processos de compactação e cura, os valores de resistência mecânica à compressão simples de corpos-de-prova, blocos e em prismas e, da eficiência do intertravamento dos blocos com as garrafas, especificados pelas Normas Brasileiras e pelo método desenvolvido por LIMA (2003), permitem evidenciar as seguintes conclusões:

- a) O agregado leve de EPS constituído de material leve da ordem de 35 kg/m³ deve ser utilizado em volume no traço de concreto, uma vez que dosado em massa este necessita de equipamentos de precisão acarretando aumento no tempo de produção e no custo;
- b) a moldagem de corpos-de-prova por meio da NBR 5738/03 acarreta o aparecimento de vazios que comprometem a resistência mecânica do concreto ao passo que pelo método vibro-compactado empregado por LIMA (2003) as partículas do concreto são melhores distribuídas propiciando aumento de resistência e redução na absorção de água;
- c) as características físicas e mecânicas dos blocos LEGOLEVE produzidos com o concreto leve de EPS, atendem as especificações técnicas para blocos cerâmicos de vedação;
- d) o sistema de inter-travamento de blocos pelas garrafas pet tem comportamento comparável ao de argamassa de assentamento, mostrando-se viável técnica e

economicamente, uma vez que a resistência mecânica ao cisalhamento desse sistema supera a da argamassa de cal. A redução no uso da argamassa propicia aumento na produtividade das alvenarias com conseqüente redução da carga sobre a infra-estrutura e do desgaste físico do operário.

5 Referências

ANAND, K. B.; RAMAMUTHY, K. - Labro-Based Productivity Study on Alternative Masonry Systems. *Journal of Construction Engineering and Management - ASCE*, Reston, v. 129, n. 3, 237-242, mai./jun. 2003.

ÂNGULO, S.C., ZORDAN, S.E., JOHN, V.M. - Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil - Materiais Reciclados e suas Aplicações. In: IV Seminário. Anais. IBRACON, 2001. p. 43-56. São Paulo, 2001.

JOHN, W.M. - Reciclagem de Resíduos na Construção Civil - Contribuição à Metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento. Tese de Livre Docência. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 102p. São Paulo, 2000.

KANNING, R. C. e SILVÉRIO, C. D. V. - Tecnologia Aliada ao Meio Ambiente: Execução do Protótipo Residencial "Unidade de Conhecimento" utilizando Blocos de Concreto Leve ISOPET para Alvenaria de Vedação. Monografia, CEFET-PR. p. 1-84; Curitiba, 2003.

KANNING, R. C.; SILVÉRIO, C. D. V.; PEREIRA, L. A. e AGUIAR, E. C. C. de - Blocos ISOPET: Uma Nova Alternativa para ser Aplicada em Habitações Populares. IAC-NOCMAT 2004. Pirassununga -SP, 2004.

LIMA, A. J. M. - Estudo da Viabilidade da Utilização do Poliuretano Expandido Reciclado como Adição na Produção de Blocos de Concreto. Dissertação Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil – UFPR, Curitiba, 2003.

LUZ, C.A., ROCHA, J.C., CHERIAF, M. - Estudo de Diferentes Formas de Cura Empregadas em Matrizes Solidificadas. In: IV Seminário - Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem Na Construção Civil - Materiais Reciclados e suas Aplicações, Anais IBRACON 2001, p. 151-157. São Paulo, 2001.

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. - Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais. Ed. Pini. São Paulo, 1994.

QUEBAUD, M., COURTIAL, M., BUYLE-BODIN, F. - The Recycling of Demolition Materials: Basic Properties of Concretes with Recycled Aggregates from Demolished Buildings. *Proceedings of R'97 - Recovery, Recycling, Re-Integration, International Congress With Exhibition*. v.2, p. 11179-11186. Genova, Switzerland, 1997.