



ICTR 2004 – CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Costão do Santinho – Florianópolis – Santa Catarina

**ISOPET - ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UM PROTÓTIPO
HABITACIONAL CONSTRUÍDO COM BLOCOS DE CONCRETO COM ISOPOR E
GARRAFAS PET**

Rodrigo César Kanning
Ely Costa Cardona de Aguiar
Luciano Alves Pereira
Cássio Daniel Valenga Silvério

PRÓXIMA

Realização:



ICTR – Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável
NISAM - USP – Núcleo de Informações em Saúde Ambiental da USP



ISOPET – ANÁLISE DO *DESEMPENHO* TÉRMICO DE UM PROTÓTIPO HABITACIONAL CONSTRUÍDO COM BLOCOS DE CONCRETO COM ISOPOR E GARRAFAS PET

(1) *Rodrigo César Kanning*
(2) *Ely Costa Cardona de Aguiar*
(3) *Luciano Alves Pereira*
(4) *Cássio Daniel Valenga Silvério*

Resumo

Os blocos ISOPET foram desenvolvidos no Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - Unidade de Curitiba, a partir da utilização do concreto leve com EPS (isopor) reciclado e garrafas plásticas de PET em seu interior. A utilização de materiais recicláveis e não recicláveis na construção civil diminuem a quantidade de rejeitos lançados e a extração de matérias primas do meio ambiente. O presente trabalho teve como objetivo a realização de ensaios físicos de corpos de prova em laboratório e na execução de uma unidade habitacional de 25 m². Os ensaios de laboratório compreenderam: resistência à compressão axial, à compressão axial em prismas, à compressão simples em paredes e ao cisalhamento. Os ensaios na unidade compreenderam: o monitoramento de temperatura e umidade em situação de verão e inverno em Curitiba (Fevereiro e Julho / 2002), comparação de elevação das paredes com blocos ISOPET e blocos cerâmicos, aplicação de revestimentos e produtividade de mão-de-obra. Os principais resultados obtidos caracterizam os blocos como de vedação; em função da interação entre o isopor com as garrafas PET os blocos possuem elevada isolamento termo-acústica; por possuírem encaixes laterais na forma tipo macho e fêmea, os blocos dispensam juntas de argamassa vertical reduzindo em 55% o tempo de execução das paredes e 81% na quantidade de argamassa de assentamento; por possuírem uma superfície porosa prescindem de chapisco; o baixo peso, a facilidade no manuseio e a eliminação de etapas na construção reduzem o desgaste físico do operário, aumentando a produtividade.

Palavras-chave: ISOPET, isopor, garrafas PET, reciclagem.

- (1) Mestrando em Engenharia de Materiais – CEFET-PR
- (2) Professor do CEFET – PR
- (3) Mestrando em Engenharia de Materiais – CEFET-PR
- (4) Graduado em Tecnologia em Construção Civil - Concreto – CEFET-PR

1. Introdução

A reciclagem é uma das condições para se atingir o desenvolvimento sustentável. Certamente, a discussão da sustentabilidade do modelo de desenvolvimento criado pela humanidade é uma das principais discussões deste início de século. Ela é resultado de uma longa evolução da percepção de que a ação da raça humana tem causado transformações não previstas na natureza. Sob o ponto de vista da cadeia produtiva da construção civil, o emprego de resíduos possui um dos maiores potenciais da nossa sociedade.

A demonstração da importância potencial da reciclagem bem como a discussão dos limites de sua contribuição para o desenvolvimento sustentável mostram que as condições de reciclagem atendem e colaboram no desenvolvimento sustentável e que hoje motiva a elaboração de novos materiais na área da construção civil.

A construção civil é um dos setores com maior potencial para absorver os resíduos sólidos. Isto se deve basicamente à necessidade de redução do custo da construção, além da grande quantidade de matéria-prima e da diversidade dos materiais empregados na produção (CINCOTTO, 1988).

No que se refere ao mercado de EPS (Poliestireno Expandido), a análise de consumo deste material no Brasil, feita pela ABRAPEX (Associação Brasileira de Poliestireno Expandido), mostra que foram fabricadas 2,95 milhões de toneladas em 2002. Outro material analisado é a própria garrafa PET (Poli Tereftalato de Etileno) que segundo a ABEPET (Associação dos produtores de Garrafas PET), foram produzidas 270 mil toneladas em 2001.

Visando contribuir com a busca de uma solução adequada aos resíduos de EPS, este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade do emprego do EPS (isopor) como um agregado leve para a construção civil, através do estudo de propriedades físicas e mecânicas de blocos de concreto leve, o qual foi introduzido garrafas PET em seu interior.

Com isso deve-se encarar a reciclagem de forma local, então faz-se necessário a adaptação das tecnologias de utilização de materiais recicláveis de acordo com a região ou a realidade da disposição de resíduos. Visto que os blocos Isopet apresentam-se como uma das soluções viáveis para alvenaria de vedação em habitações populares em todo o país e algumas partes do mundo, não só pelo produto em si, mas principalmente por toda a sua concepção, simples e lógica, e suas vantagens de racionalização dos processos construtivos predominantes no Brasil.

2. Material e métodos

2.1 Programa experimental – blocos ISOPET

Os blocos ISOPET foram desenvolvidos no Laboratório de Materiais de Construção do CEFET-PR, como material alternativo para a Indústria da Construção Civil utilizando o reaproveitamento do isopor e das garrafas plásticas. Trata-se de um compósito, que pode atender às condições de redução de custo, agilidade de

execução, melhores condições termo-acústicas das edificações e redução da extração de materiais naturais.

2.1.1 Execução dos blocos ISOPET

Os blocos ISOPET são confeccionados em concreto leve com EPS utilizando garrafas plásticas inteiras devidamente tampadas e posicionadas no interior do bloco na vertical ou na horizontal. Os blocos apresentam encaixes laterais na forma de macho e fêmea (saliências e reentrâncias) que geram o intertravamento não sendo necessário a utilização de argamassa nas suas uniões, exceto na primeira fiada. Possuem ainda canaletas, que substituem as fôrmas, na moldagem de vergas, contra-vergas e cintas de amarração. Os blocos ISOPET possuem dimensões de 40cmx40cmx14,5cm e 40cmx20cmx14,5cm.

2.2. Programa experimental – “Unidade de Conhecimento”

2.2.1 Unidade de Conhecimento

A Unidade de Conhecimento foi desenvolvida para avaliar a aplicação dos blocos ISOPET. Durante o levantamento de paredes, foi realizado o estudo comparativo com relação a blocos cerâmicos utilizados em residências de alvenaria tradicionais.

3. Resultados

3.1 Blocos ISOPET

3.1.1 Ensaio de Resistência a Compressão Axial

As resistências obtidas quando moldado de acordo com a norma NBR 5738 foram de 0,3 MPa, ao passo que quando utilizada uma forma própria de moldagem obteve-se 1,2 MPa sem prejudicar suas características na utilização como bloco para alvenaria de vedação.

Por ser uma material que possui características elastomeras, mesmo com uma deformação de 10% o bloco ISOPET não sofre nenhum dano que possa de alguma forma incapacitar sua integridade. Os blocos ISOPET não se rompem, apenas se deformam mantendo sua resistência constante.

3.1.2 Ensaio de Resistência a Compressão Axial em Prismas

Os resultados de resistência à compressão axial em prismas possibilitaram uma resistência média de 0,2 MPa.

3.1.3 Ensaio de Resistência a Compressão Simples em Paredes

Os resultados demonstraram a viabilidade de se utilizar juntas secas tanto na horizontal como na vertical sem comprometer a resistência do conjunto. A carga do ensaio foi limitada a 2500 kgf devido ao arranjo de ensaio. Neste limite a parede ainda não apresentava nenhuma deformação, concluindo desta forma que a

resistência obtida no ensaio é a mínima suficiente se comparando com uma alvenaria normal.

3.1.4 Ensaio de Resistência ao Cisalhamento

O primeiro ensaio após um período de 96 horas de carregamento teve como resultado o desprendimento das cantoneiras. Analisando as peças verificou-se que não houve o cisalhamento da parede apenas o desprendimento dos parafusos. Também foi observado, que as buchas estavam fixadas de forma rígida com a parede o que diminuiu a hipótese de ocorrer a deformação (alargamento) do furo.

O segundo ensaio após 72 horas com um carregamento de 180 kg teve como resultado o desprendimento de uma das buchas, sendo cancelado o ensaio. Este problema seria eliminado com a utilização de buchas para paredes de Dry Wall, ou com o chumbamento prévio de um tarugo de madeira à parede de alvenaria para a futura fixação do armário.

3.2 Unidade de Conhecimento

3.2.1 Produtividade de Mão-De-Obra na execução de Alvenarias

A Tabela 1 demonstra a comparando entre blocos cerâmicos e blocos ISOPET.

Tabela 1 – Comparação de dimensões entre blocos cerâmicos e blocos ISOPET

Material	Altura (cm)	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Argamassa para assentamento (m ³)	Quantidade de fiadas para cada Bloco ISOPET
Bloco Cerâmico	9	14	19	0,024	4,0
Bloco ISOPET	40 20	14,5 14,5	40 20	0,0045	1,0

Efetuuou-se a comparação entre o tamanho dos blocos tipo ISOPET e cerâmicos em função da produtividade e desgaste físico do operário. Os resultados obtidos com a utilização dos blocos ISOPET para elevação de uma parede foram a redução de 87,5% de argamassa de assentamento e redução de 55% no tempo de execução das paredes. As melhoras obtidas com os blocos ISOPET são devido a suas grandes dimensões e pesos reduzidos, o que proporciona melhor ergonomia para o trabalhador. A referida ergonomia pode ser observada na execução das primeiras e últimas fiadas.

Quando analisada uma parede executada com blocos cerâmicos de seis o operário deve assentar 4 fiadas para que a parede chegue a uma altura considerável e o mesmo tenha um melhor conforto e maior produtividade. Quando utilizado os blocos ISOPET o mesmo operário necessita assentar apenas duas fiadas para ter ganhos de produtividade e conforto ergonômico.

3.2.2 Elevação de paredes com blocos cerâmicos e com blocos ISOPET

Conforme ensaios realizados na cidade de Pindamonhangaba-SP, um operário executou uma parede de 2,4 m² (1,2m x 2,0m) utilizando blocos cerâmicos (19 cm x 29 cm x 13,5 cm) em 2 horas e 5 minutos.

A mesma parede utilizando os blocos ISOPET foi concluída em 55 minutos, devido a seu baixo peso, grandes dimensões e encaixes laterais. A quantidade de argamassa utilizada para o assentamento dos blocos ISOPET foi 81% menor que a utilizada para com os blocos cerâmicos.

TABELA 02 – Comparação entre paredes executadas com blocos cerâmicos e blocos ISOPET

	Bloco			Argamassa			Parede
	Altura (cm)	Largura (cm)	Espessura (cm)	Quantidade de Argamassa (m ³)	Espessura vertical (cm)	Espessura horizontal (cm)	Tempo de execução (min)
ISOPET	40	40	14,5	0,0045	0,0	0,5	55
Cerâmico	19	29	13,5	0,024*	1,0	1,0	121

* A argamassa foi calculada, desprezando as perdas de material que penetram nos furos dos blocos cerâmicos.

3.2.3 Contra Verga e Cintas de Amarração

A cinta de amarração, e as contra-vergas foram executadas com blocos ISOPET canaleta. Os blocos em forma de canaleta propiciaram, redução de custos, maior agilidade de execução e eliminação de fôrmas.

3.2.4 Esquadrias

A esquadria de madeira utilizada na porta do banheiro foi fixada por pressão diretamente nos blocos ISOPET e no pilar. As esquadrias das janelas são todas de ferro, chumbadas com argamassa.

Monitoramentos estão sendo realizados na “Unidade de Conhecimento” para detectar patologias em longo prazo ocasionadas com o abrir e fechar de portas. Até o presente momento estas não são encontradas.

3.2.5 Chapisco/Emboço

Devido os blocos ISOPET possuírem uma porosidade superficial não foi necessário a aplicação do chapisco, ao contrário da alvenaria executadas com blocos cerâmicos. Optou-se em chapiscar as paredes externas da “Unidade de Conhecimento” para melhorar sua estética e para analisar a permeabilidade das paredes quando expostas a chuva. A característica de porosidade superficial do bloco ISOPET possibilita a eliminação de uma etapa de construção bem como a redução de custo com aquisição de materiais, tempo de execução de obra e desgaste físico do operário.

3.2.6 Isolamento Térmico da “Unidade de Conhecimento”

3.2.6.1 Resultados de Verão

O protótipo habitacional permaneceu com as janelas encobertas (sombreadas) e sem ventilação durante todo o período de monitoramento.

Enquanto que, externamente, a temperatura atingiu um valor mínimo de 15,60°C (característico da condição de frio, considerando os limites estabelecidos para conforto), no interior do anexo, a mínima não foi inferior a 18°C, ou seja, estando dentro da faixa de conforto, que vai de 18 a 29°C.

Quanto aos picos por temperaturas elevadas, considerados aqui mais detalhadamente por se tratar de situação de verão, a máxima externa excede os limites de conforto, enquanto que, internamente, estes não são atingidos. Nota-se que a diferença horária (instantânea) apresenta valor mais elevado devido à inércia média de 2 horas entre os picos de temperatura.

O protótipo monitorado apresentou boa capacidade de amortizar os picos de temperatura que ocorreram no exterior, oferecendo aparentemente vantagens de redução de desconforto por frio. O desconforto por calor, observado na relação temperatura/umidade, pode ser resolvido, conforme recomendação das principais estratégias de condicionamento passivo, através da ventilação.

Como o protótipo encontrava-se fechado e sem ventilação, este fato pode ter sido o principal responsável pelo desconforto por calor. Em relação ao sensor externo, o ambiente monitorado apresentou um aumento das horas de conforto, concentrando-se as temperaturas internas na faixa de conforto térmico.

3.2.6.2 Resultados de Inverno

Enquanto que, externamente, a temperatura atingiu um valor mínimo de 2,5°C, no interior do anexo, a mínima não foi inferior a 8,0°C. Quanto às temperaturas mínimas, consideradas aqui por se tratar de situação de inverno, a mínima externa está abaixo dos limites de conforto, enquanto que, internamente, estas não são tão intensas.

A maior amplitude encontrada externamente significou menor grau de conforto, com um percentual considerável de desconforto por frio. No protótipo, o desconforto por frio ainda existe, sendo este, porém, menos intenso que no exterior. Isso se deve às temperaturas extremamente baixas registradas no período avaliado. A recomendação, neste caso, é de massa térmica e aquecimento solar, fato explicado em parte por ter-se sombreado as aberturas da edificação durante o monitoramento.

O protótipo monitorado apresentou boa capacidade de amortizar as mínimas temperaturas que ocorreram no exterior, oferecendo aparentemente vantagens de redução de desconforto por frio. O desconforto por frio, conforme observado, pode ser resolvido, conforme recomendação das principais estratégias de condicionamento passivo, através de aquecimento solar passivo.

Conclusão

Os blocos ISOPET apresentaram grandes vantagens quando da utilização do EPS (isopor) na composição do concreto leve e o posicionamento de garrafas tipo PET inteiras no interior dos blocos. A interação entre o EPS e as garrafas PET facilita o manuseio dos blocos devido a redução de peso das peças, bem como propicia melhores condições ergonômicas e maior economia em uma construção.

Os ensaios de laboratório mostraram que quando moldados de acordo com a norma NRB 5738 os blocos obtiveram baixa resistência ao passo que utilizando um sistema próprio de moldagem os mesmos apresentaram resistências aceitáveis sendo caracterizados como blocos tipo A de vedação conforme NBR 6461 (EB-53). Os resultados de resistência compressão simples e compressão simples em paredes mostraram a viabilidade dos blocos serem utilizados como vedação na construção da “Unidade de Conhecimento”.

A execução da “Unidade de Conhecimento” proporcionou avaliar as principais etapas na execução de paredes utilizando os blocos ISOPET comparados com blocos cerâmicos. Os ensaios de elevação de paredes mostraram a viabilidade de utilização de encaixes laterais tipo macho e fêmea contidos nos blocos ISOPET. Os resultados indicaram uma redução de 81% na quantidade de argamassa de assentamento e 55% no tempo de execução comparados com blocos cerâmicos.

Por possuírem superfície porosa os blocos ISOPET prescindem de chapisco, possibilitando desta forma a aplicação do emboço diretamente na parede. Concluída a “Unidade de Conhecimento” porém sem aplicação de emboço externo nas paredes avaliou-se o monitoramento de temperatura e umidade em situação de verão e inverno em Curitiba (Fevereiro e Julho / 2002). Os resultados mostraram a interação entre o EPS e as garrafas PET conferindo a unidade uma ótima isolamento térmica.

Referências bibliográficas

CINCOTTO, M. A., Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil. Tecnologia das Edificações. São Paulo: Pini, 1988 p. 71-74.

ABRAPEX. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br>> Acesso em 17 de março de 2003.

ABEPET. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br>> Acesso em: 23 de maio de 2003.

MEGATHERM. Disponível em: <<http://www.megatherm.com.br/portgs/isopor.htm>> Acesso em 5 de outubro de 2003.

BASF. Disponível em: <<http://www.basf.com>> Acesso em: 22 de maio de 2003.

ISOPOR. Manual do. Manual Técnico 1/2/3 – Uso do EPS na Construção Civil, Central EPS Tecnologia e Serviços – Basf, Resinor, Shell, Tupy.

ISOPOR. Manual do. Manual Técnico nº 4 – Concreto Leve de EPS – Central de EPS – Basf, Resinor, Shell, Tupy.

MEHTA, P. Kumar & MONTEIRO, Paulo J. M.. Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais. São Paulo: Editora Pini, 1994.

SOBRAL, Hernani Sávio. Concretos Leves: tipos e comportamento estrutural. São Paulo: ABCP, 1987

PEREIRA, Luciano Alves – Tecnologia Aliada ao Meio Ambiente, Desenvolvimento de blocos de concreto leve para alvenaria de vedação utilizando materiais reciclados, Curitiba – PR 2002.

SOBRAL, Hernani Sávio. Concretos Leves: tipos e comportamento estrutural. São Paulo: ABCP, 1987

TERMOTÉCNICA, Produzindo Soluções – Produtos em EPS - Catálogo: Termo-forro Veneza e Refrigeração e Construção Civil.

Abstract

Blocks ISOPET had been developed in the Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – Unidade de Curitiba, from the use of the light concrete with EPS (isopor) recycled and plastic bottles of PET in its interior. The use of materials you recycle and you did not recycle in the civil construction diminish the amount of launched rejeitos and the extration of substances cousins of the environment. The present work had as objective the accomplishment of physical assays of bodies of test in laboratory and the execution of 25 a habitacional unit of m². The laboratory assays had understood: axial compressive strength, to the axial compression in prisms, the simple compression in walls and the shear. The assays in the unit had understood: the monitoramento of temperature and humidity in summer situation and winter in Curitiba (February and July/2002), ceramic comparison of rise of the walls with blocks ISOPET and blocks, covering application and productivity of man power. The main gotten results characterize the blocks as of prohibition; in function of the interaction the isopor with bottles PET enters the blocks possesss high insulation term-acoustics; for possessing lateral rabbets in the female form male type and, the blocks excuse vertical mortar meetings reducing in 55% the time of execution of walls and 81% in the amount of nesting mortar; for possessing a porous surface they do without chapisco; the low weight, the easiness in the manuscript and the elimination of stages in the construction reduce the physical consuming of the laborer, increasing the productivity.

Key-words: ISOPET, isopor, bottles PET, recycling.