



# ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,  
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

## VERIFICAÇÃO DA CONDUÇÃO TÉRMICA DE CONCRETOS PRODUZIDOS A PARTIR DE GARRAFAS PET.

**Eduardo Polloni Silva<sup>1</sup>; Maria Aparecida G. Tommaselli<sup>2</sup>.**

FAEN/UFGD, C. Postal 533, 79804-970 Dourados-MS, E-mail:  
mariamachado@ufgd.edu.br

<sup>1</sup>Acadêmico(a) de Engenharia de Produção – FAEN/UFGD; Voluntário

<sup>2</sup>Docente Faculdade de Engenharia- UFGD

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o emprego de um aparato de medidas térmicas confeccionado com materiais acessíveis e de baixo custo. Os materiais a serem testados foram os concretos com substituição parcial da areia por 0%, 5% e 10% de PET em relação a massa de cimento. Observou-se que o aparato foi eficiente a propósito de medidas térmicas rápidas e que a incorporação de PET influenciou na transferência de calor.

### INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico acarreta maior consumo de energia elétrica no setor residencial em virtude do crescimento da utilização de aparelhos para conforto térmico. Estudos são necessários para avaliarem a concepção de um ambiente térmico adequado à ocupação humana e às atividades exercidas neste ambiente, para aumentar a eficiência no uso da energia.

O Ministério de Minas e Energia no Balanço Energético Nacional possui registros de consumo de energia elétrica no setor residencial de 8 milhões de tep (toneladas equivalentes de petróleo) em 2008, contra 10 milhões em 2012. Esta diferença indica 20% de aumento no consumo de energia elétrica no país em quatro anos (MME, 2014). A demanda residencial de eletricidade é derivada da demanda de

serviços, tais como preparação e armazenamento de alimentos, entretenimento entre outros.

Estudos estão sendo realizados com o intuito de minimizar o consumo de energia elétrica nas edificações residenciais com o emprego de materiais mais adequados contribuindo para o conforto térmico do ambiente. (PASA *et al*, 2012).

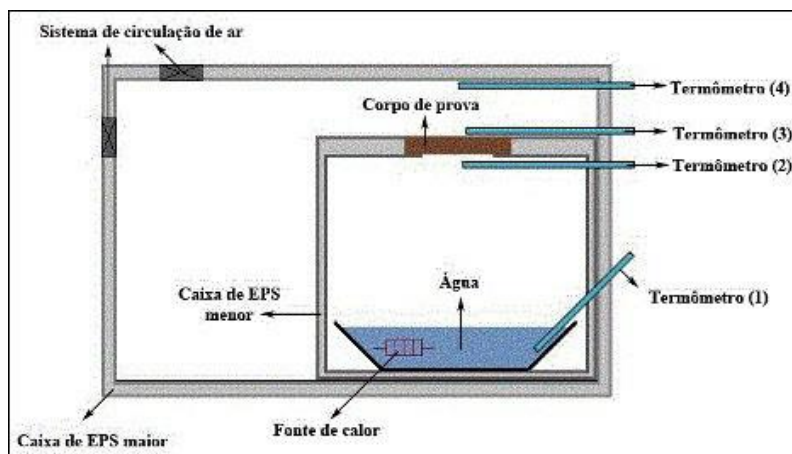
Pesquisas apontam a utilização do polietileno tereftalato (PET) em argamassas e concretos com o intuito de reciclar este material, contribuindo para um concreto mais leve ou argamassas que promovam característica de isolante térmico. (FRIGIONE, 2010, CHOI, *et al* 2009).

Técnicas de medidas térmicas são empregadas na verificação do desempenho térmico de diferentes materiais utilizados nas edificações residenciais. Aquisição de dados térmicos acurados de materiais exigem equipamentos demasiadamente caros, porém YESILATA *et al* (2007) desenvolveram um aparato com o intuito de pré-estimativa de medidas térmicas de materiais desenvolvidos em laboratório antes de tomar medidas absolutas. Esta técnica é secundária, simples e barata e que pode ser executada com a construção de um aparato com materiais baratos e acessíveis.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é a aquisição de dados térmicos utilizando o aparato proposto por YESILATA *et al* (2007) com o intuito de medir a transferência de calor através de concretos modificados com concentração de 5% de PET.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A construção do sistema adiabático, empregado na aquisição de dados térmicos, foi baseada no trabalho de YESILATA *et al* (2007), seguindo o modelo da Figura 1. Os materiais utilizados na construção do aparato e montagem constam em trabalho anterior (SILVA *et al*, 2013).



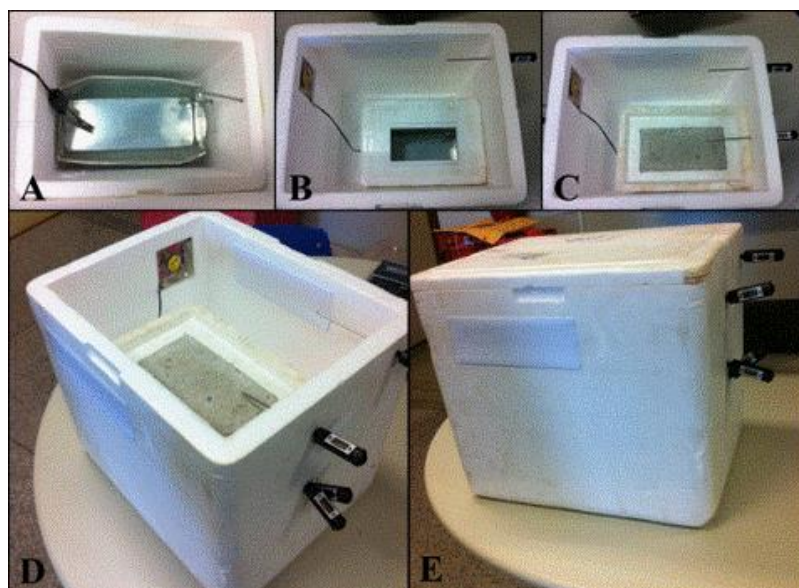
**FIGURA 1** - Esboço do sistema adiabático desenvolvido e adaptado de YESILATA *et al.*, 2007.

Para isolamento térmico utilizou-se EPS (poliestireno expandido), uma espuma rígida obtida por meio da expansão da resina PS durante a sua polimerização. Essa expansão é realizada injetando-se um agente químico na fase de reação da polimerização. Os agentes de expansão mais utilizados são os hidrocarbonetos criogênicos (Ex.: gás carbônico). As principais aplicações são na proteção de embalagens e no isolamento térmico. O EPS é um polímero celular rígido, que pode se apresentar numa variedade de formas e aplicações. Apresenta-se como uma espuma moldada, constituída por um aglomerado de grânulos. Para a sua obtenção, o PS é submetido a um processo de transformação física, não alterando as suas propriedades químicas (AMIANTI, 2008). Também é importante ressaltar que o EPS, mesmo sendo um material comum, facilmente encontrado no cotidiano, é um ótimo isolante térmico, cuja condutividade térmica é  $0.063 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  (COSTA, 2012).

Além disso, foi utilizado um aquecedor de água da marca HEJ, modelo HJ-123, como fonte de calor do sistema térmico adaptado. Também foram utilizados quatro termômetros da marca Digital Thermometer SH-113 e uma fôrma metálica para armazenamento da água utilizada.

A Figura 2 mostra as etapas de montagem do aparato com adaptações em relação ao proposto por YESILATA *et al.* 2007. A Figura 2(a) mostra a caixa de EPS contendo a fôrma com água a uma temperatura inicial de  $70^\circ\text{C}$ , o aquecedor e o termômetro 1 submerso. Na Figura 2(b) a caixa de EPS maior contendo a caixa menor com tampa evidenciando o espaço para a inserção do corpo de prova, ventilação à esquerda e termômetros 2 e 4 à direita. Na Figura 2(c) consta o sistema contendo o corpo de prova

no espaço deixado na tampa, ventilação e os termômetros 3 e 4. As Figuras 2(d) e 2(e) mostram o sistema montado e pronto para o início das medidas.



**FIGURA 2.** (a) Caixa de EPS contendo a fôrma com água, aquecedor e o termômetro 1. (b) Caixa de EPS maior contendo a caixa menor com tampa, ventilação à esquerda e termômetros 2 e 4 à direita. (c) Sistema contendo o corpo de prova, ventilação e os termômetros 3 e 4. (d) Sistema aberto contendo todos os instrumentos de medição. (e) Sistema fechado pronto para medições.

A Tabela 1 fornece as dimensões dos objetos utilizados na construção do sistema adiabático.

**Tabela 1** - Dimensões dos objetos empregados.

<b>Objeto</b>	<b>Comprimento (cm)</b>	<b>Largura (cm)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Espessura da parede (cm)</b>
Caixa de EPS menor (sem tampa)	28,4	20,2	21,9	1,7
Caixa de EPS maior (sem tampa)	45,8	36,4	38	2,7
Placa de concreto modificado	19,5	9,7	2	-
Fôrma metálica	23,3	10	6	-

O objeto de estudo do aparato experimental foi o concreto convencional e concreto com 5% e 10% de PET apresentando traço de acordo com a tabela 2.

TABELA 2. – Traços utilizados para a confecção dos corpos de prova

Componentes	Traços utilizados		
	0 % PET Quantidade (Kg)	5% PET Quantidade (Kg)	10% PET Quantidade (Kg)
Água	0,450	0,450	0,450
Areia	2	1,9	1,8
Brita 0	1	1	1
PET	-	0,1	0,2
<b>Cimento</b>	1	1	1

\*Uchida, J. *et al* (2013)

A confecção dos corpos de prova em concreto, denominado como referência (0% de PET) foi realizada utilizando apenas o agregado miúdo (areia), o agregado graúdo, cimento e água. Já para a confecção dos demais corpos de prova, foram utilizados os mesmos materiais, porém o agregado miúdo foi substituído parcialmente por PET moído, apresentando tamanho de material passante em peneira 20 mesh na concentração de 5% e 10% referente à quantidade de agregado miúdo. Empregou-se cimento CII- E32, da marca Cauê, areia e brita 0. Sendo a areia, brita 0 e o cimento adquiridos em estabelecimento comercial de Dourados – MS.

Em trabalho anterior de Lima (2012) foi realizada a caracterização da areia e da brita 0. O ensaio de distribuição granulométrica para caracterização física destes materiais, realizado em laboratório, seguiu orientações da norma NBR 7217-1987, que prescreve o método para determinar a composição granulométrica de agregados miúdos e graúdos para concreto. Desse modo, a areia foi classificada como muito fina e o agregado graúdo ficou nos limites que estabeleceram sua classificação como brita 0.

Para a realização das medidas de condutividade térmica foram confeccionados corpos de prova na forma retangular, possuindo dimensões de 19,5 cm de comprimento por 10 cm de largura e 2 cm de altura.

O procedimento para as medidas térmicas com o emprego do aparato foi repetido em todas as medições da seguinte maneira:

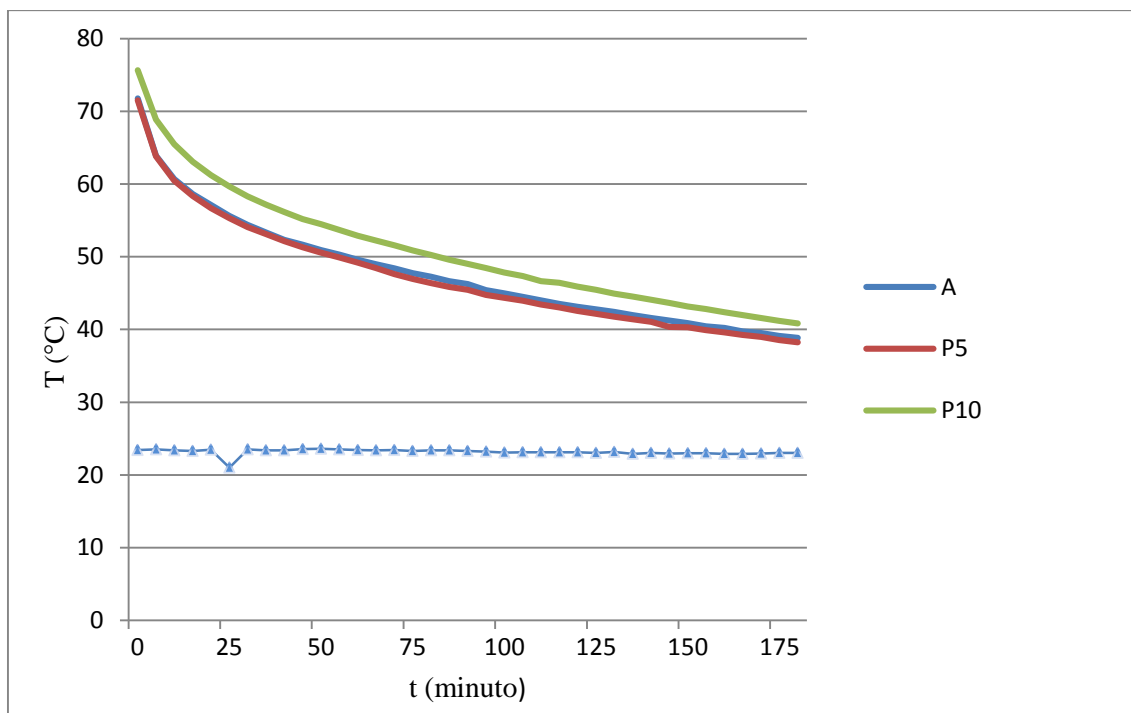
Mediu-se 1000 g de água em uma balança e a depositou na fôrma metálica, no interior da caixa de EPS menor. Fechou-se a caixa menor e, em sua abertura, encaixou-se o corpo de prova de concreto. Os termômetros foram inseridos nas posições

indicadas no esboço da Figura 1. Fechou-se a caixa de EPS maior e então o sistema de ventilação foi acionado. Ligou-se o aquecedor até o termômetro 1 registrar 70°C. Anotaram-se os valores encontrados nos termômetros e repetiu-se a operação a cada cinco minutos, por três horas.

## RESULTADOS

Em um sistema adiabático perfeito, a perda de calor seria inexistente, porém, é evidente que existe perda de calor no experimento realizado, tanto pelo EPS, quanto por pequenas fissuras existentes nos cortes executados para instalação dos sistemas de circulação de ar e para posicionar a placa de concreto, além da perda de calor da água para a fôrma metálica. Contudo, uma grande preocupação do projeto foi padronizar o experimento, pois, a partir desta padronização, a perda de calor existente será a mesma em todas as medidas. Para isso, ao comparar a variação de temperatura entre os diferentes concretos, serão utilizados os mesmos materiais e os mesmos procedimentos. Assim, mesmo com erros nas medidas e perdas de calor durante o experimento, a tendência é que exista uma relação entre a transferência de calor dos diferentes concretos.

Os resultados dos testes de medida de calor das amostras são apresentados na Figura 3. O gráfico indica as temperaturas instantâneas da água que se encontra dentro da caixa de EPS menor, cuja superfície superior se encontra o corpo de prova. A curva de temperatura para cada tipo de amostra é a média de temperaturas obtidas a partir dos três corpos de prova idênticos. Os valores da temperatura ambiente foram obtidos pela média das temperaturas instantâneas medidas durante os testes em três corpos de prova para cada concentração de PET. As variações da temperatura ambiente permaneceram dentro de 23°C. Observa-se que a temperatura decresce com o tempo o que significa que houve perda de energia do sistema abaixo do corpo de prova, devido à transferência de calor através do corpo de prova. O concreto com 10% de PET apresentou menor decréscimo na temperatura com o tempo concluindo que houve menor transferência de calor neste material.



**FIGURA 3** – Temperaturas instantâneas da água para todas as concentrações de PET

Não houve variação significativa na perda de energia no sistema considerando o concreto com 0% e 5% de PET. Estes resultados evidenciaram que foi possível realizar medidas térmicas empregando o aparato e que o concreto com 10% de PET apresentou-se com característica mais isolante comparado aos outros concretos.

## CONCLUSÃO

O aparato mostrou-se útil para a realização de medidas térmicas, visto que a perda de calor percebida foi mínima.

É evidente que, para utilização do concreto testado em obras, precisa-se de novos testes e, principalmente, de aparatos mais modernos e mais precisos. Contudo, através da padronização do procedimento experimental utilizado para medição das temperaturas, os dados coletados poderão ser analisados e seus resultados poderão demonstrar como o concreto padrão se comporta em relação ao concreto produzido com substituição do agregado miúdo por PET.

## REFERÊNCIAS

**AMIANTI, M.; BOTARO V.R.;** Concreto impregnado com polímero (CIP): uso e aplicação do EPS reciclado para redução da permeabilidade de superfícies de concreto. Revista Matéria, v. 13, n. 4, 2008. 664–673p

**COSTA, R. L.;** Estudo teórico e experimental da condutividade térmica efetiva de placas de circuito impresso para aplicações espaciais, Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, 2012.

**HALLIDAY, D.; RESENICK, J. W.;** Fundamentos da física, volume 2, 8º ed, editora LTC, Rio de Janeiro, 2009. 190-192p

**LIMA, A. V., TOMMASELLI, M. A. G., COUTINHO, B., ALVES, A. L., STELAI, A. S.;** Proposta de substituição da cinza da cana-de-açúcar como agregado miúdo em módulos de microconcreto. Anais do 5º Encontro de Iniciação Científica. ENEPE, Dourados, 10 p, 2011.

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA-MME-** Consumo de Energia por Setor- Balanço Energético Nacional 2013. Disponível em <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/2 - BEN - Ano Base/5 - Capitulo 3.pdf>. Acesso em 14 de agosto de 2014.

**YESILATA, B.; TURGUT, P.;** A simple dynamic measurement technique for comparing thermal insulation performances of anisotropic building materials. Energy and Buildings 39. 2007. 8p

**FRIGIONE, M.** Recycling of PET bottles as fine aggregate in concrete. Waste Management. - 30 (2010) 1101–1106.

**PASA, C. C. M. U.; PASA, L. A.; JUNIOR, A. B.; SOUZA, S. N. M.** Avaliação da Eficiência Energética em Edificações e sua Relação com os Materiais Construtivos Empregados. Revista Produção On Line, Florianópolis, Sc, V. 12, N.1, p. 229-247, Jan/Mar., 2012.

**CHOI, Y. W.; MOON, D. J.; KIM, Y. J.; LACHEMI, M.** Characteristics of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles. Construction and Building Materials 23 (2009) 2829–2835.

**SILVA, E. P.; GONÇALVES, L. S.; TOMMASELLI, M. A. G., MACHADO, C. A. C.; ALVES, A. L.; ZANFOLIM, A. A.** Elaboração de um Aparato Experimental para Comparação da Transferência de Calor de Concretos de Diferentes Composições. 4º Encontro de Ensino de Graduação, 6º Encontro de Ensino de Pós-Graduação, 7º Encontro de Iniciação Científica e 7º Encontro de Extensão UFGD – 21 a 24 outubro 2013 – Dourados-MS, 2013.

**UCHIDA, J.; TOMMASELLI, M. A. G.; SOUZA, C. C.; ALVES, A. L.; ZANFOLIM, A.** Verificação da Resistência Mecânica de Concretos Produzidos a



Partir de Garrafas PET. 4<sup>o</sup> Encontro de Ensino de Graduação, 6<sup>o</sup> Encontro de Ensino de Pós-Graduação, 7<sup>o</sup> Encontro de Iniciação Científica e 7<sup>o</sup> Encontro de Extensão UFGD – 21 a 24 outubro 2013 – Dourados-MS, 2013.