

ANÁLISE DO GRADIENTE DE TEMPERATURA DE MATERIAL COMPÓSITO EM SISTEMAS QUENTES

Elmo Thiago Lins Cöuras Ford, elmocouras@hotmail.com¹

José Ubiragi de Lima Mendes, ubiragi@ct.ufrn.br¹

Rubens Maribondo do Nascimento, rmaribondo@ufrnet.br¹

Luiz Guilherme Meira de Souza, lguilherme@dem.ufrn.br¹

Reginaldo Dias dos Santos, reginaldox@hotmail.com¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Resumo: Atualmente a grande maioria das aplicações de isolamento térmico na faixa de baixas e médias temperaturas (até 180°C), é feita utilizando-se de materiais agressivos à natureza tais como: lã de vidro, lã de rocha, poliuretano, poliestireno, EPS entre outros. Tais materiais, apesar da eficácia na retenção do fluxo de calor, possuem custo considerável e quando descartados demoram anos para ser decompor. Nesse contexto, tentando adequar-se a política mundial a cerca da preservação do meio ambiente, iniciou-se um estudo com intuito de desenvolver um material compósito, com propriedades de isolante térmico, proveniente de resíduos industriais. Para isso, desenvolveu-se um compósito a base de raspa de pneu e látex visando ser aplicado para isolamento térmico em sistemas “quentes” (até 180°C). Os resultados obtidos experimentalmente comprovaram que o compósito, pode ser utilizado para fins de isolamento em superfícies aquecidas, na faixa de temperatura de 180°C como pode ser observado analisando os gradientes de temperaturas.

Palavras-chave: Raspa de pneu, Materiais compósitos, Gradiente de temperatura.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a grande maioria dos isolantes térmicos em sistemas domésticos, comerciais e industriais na faixa de baixa e média temperatura (até 180°C), é feita utilizando-se materiais agressivos à natureza tais como: Lã de vidro; Lã de rocha; Poliuretano; Poliestireno; EPS entre outros. Tais materiais, apesar da eficácia na retenção do fluxo de calor, possuem um custo considerável e quando descartados demoram anos para serem absorvidos pela natureza.

Dessa forma, em busca de alternativas para os materiais tradicionais, tem crescido os estudos direcionados à utilização racional dos recursos naturais e o aproveitamento de resíduos despejados na natureza.

Sendo assim, a reciclagem que tem sido muito estimulada. Atualmente, no mercado, já existem vários produtos que são produzidos com materiais reciclados: papel, embalagens de alumínio e outros metais. Apesar deste progresso, o acelerado desenvolvimento da sociedade leva todos os dias, ao meio ambiente, um grande número de materiais que descaracterizam paisagens e poluem os elementos vitais à sobrevivência do ser humano, tais como: solo, ar e água.

Vários resíduos têm sido estudados para a aplicação em argamassas, materiais de isolamento como as fibras de borracha de pneu provenientes da recauchutagem (PIERCE e BLACKWELL, 2002). A grande maioria das aplicações de isolamento térmico em sistemas domésticos, comerciais e industriais na faixa de baixa e média temperatura (até 110°C), é feita principalmente utilizando-se materiais agressivos à natureza tais como: lã de vidro, lã de rocha, poliuretano, poliestireno entre outros. Tais materiais, apesar da eficácia na retenção do fluxo de energia térmica, possuem um custo considerável e quando descartados demoram anos para serem absorvidos pela natureza. Dessa forma, tentando adequar-se a uma política mundial acerca da preservação do meio ambiente, iniciou-se um estudo com o intuito de desenvolver um compósito a base de fibras de pneu e látex para isolamento com materiais alternativos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o desenvolvimento da indústria automobilística no século XX, houve também um incremento na geração de resíduos e subprodutos, tornando importante a regulamentação da destinação desses materiais. O custo de deposição de lixo tem aumentado, tanto pelo volume gerado, quanto pelas novas exigências de cunho ambiental (GRIPPI, 2001). Existe a necessidade de criação de técnicas capazes de reutilizar tais materiais.

Dentre os componentes do setor rodoviário o pneu possui papel fundamental e indiscutível na vida diária das pessoas, tanto no transporte de passageiros como no transporte de cargas. Esse papel torna-se ainda mais importante nos países em desenvolvimento, onde o transporte de bens é feito em sua grande maioria por caminhões e carretas.

Entretanto, o consumo de pneus atingiu números expressivos. A quantidade de pneus produzidos a cada ano no mundo ultrapassa 2 milhões de toneladas na Europa e América do Norte, no Japão essa produção passa de 1 milhão de toneladas. A China apresenta um problema em larga escala, pois 80 milhões de sucatas de pneus foram produzidos e estudos mostram que em 2011 o país terá 200 milhões de pneus abandonados (CAO, 2007).

No mundo o problema do descarte inadequado de pneus no meio ambiente vem sendo uma grande preocupação da sociedade no que se refere ao gerenciamento de resíduos sólidos (BOVEA e GALARDO, 2006). No Brasil, existem aproximadamente 900 milhões de pneus descartados e dispostos em locais inadequados (LARSEN *et al*, 2006).

Os pneumáticos quando inservíveis acarretam uma série de problemas: são de degradação lenta, incomodamente perceptíveis e volumosos, necessitando de condições apropriadas de armazenamento e deposição. Segundo a classificação de resíduos vigente no Brasil (ABNT/NBR 10004), o pneu é considerado resíduo classe III (resíduo inerte). A colocação de pneus sem uso em aterros sanitário não tem se mostrado uma boa solução, uma vez que o material é praticamente incompressível e de lenta degradação (aproximadamente 500 anos), quando comparado aos resíduos aos quais os aterros se destinam.

Devido ao grande volume de material gerado e problemas de deposição, às pesquisas envolvidas a comunidade científica nos últimos anos. Lund (1993) apresenta casos de reciclagem de pneus em diversos estados americanos, bem como, estatísticas de utilização de pneus naquele país. A borracha proveniente do pneu ou o próprio pneu inteiro possuem atrativos para sua utilização como subproduto:

- a) a “carcaça” de pneu se constitui em um resíduo de fácil transporte e pode ser encontrado em qualquer aglomerado urbano;
- b) seu manuseio não oferece riscos aos operadores (material inerte e atóxico);
- c) material com alta resistência ao intemperismo e ao envelhecimento;
- d) é um material homogêneo, permitindo a determinação das suas características de comportamento com mínima variação;
- e) seu custo resume-se ao transporte dos locais onde foram gerados aos pontos de utilização;
- f) os pneus possuem dimensões geométricas padronizadas, o que facilita o desenvolvimento de equipamentos de desmonte e trituração, caso sejam necessários.

Dessa forma, dentre das diversas possibilidades de utilização de resíduos de pneus, esta pesquisa se propôs a desenvolver um material compósito, utilizando raspas de pneus oriundas dos resíduos gerados pela recauchutagem, produzindo mantas a serem usadas como isolante térmico.

3. METODOLOGIA

3.1. Materiais

Objetivando a fabricação do compósito para desenvolvimento da pesquisa em questão, utilizou-se fibras de pneu oriundas de resíduo de recauchutagem para servir como reforço e a borracha natural (látex) para servir como matriz.

- Reforço

Como reforço empregou-se raspas de pneu com características fibrilar obtidas através do resíduo do processo de recauchutagem de pneu. O diâmetro e o comprimento da maioria das fibras usadas oscila entre 0,5 e 0,9 mm e entre 10 à 20 mm respectivamente. O reforço estava na com disposição aleatória das fibras. Como pode ser observado na fig. (1).



Figura 1. Fibras de raspa pneu.

- Matriz

Utilizou-se como matriz borracha natural na forma líquida, oriunda do estado do Pará. Onde foi extraído de seringueira (*Hevea brasiliensis*). Como pode ser observado nas fig. (2 e 3). O látex caracteriza-se como um polímero linear com peso molecular variando de 30 mil a 4 milhões e consiste de pelo menos 97% de moléculas de cis-1,4 isopreno.



Figura 2. Extração do látex.



Figura 3. Látex natural.

Segundo Filho e Bó (1985), na sua composição ocorre, em média, 35% de hidrocarbonetos, destacando-se o 2-metil-1,3-butadieno 1,3 (C_5H_8) comercialmente conhecido como isopreno, o monômero da borracha. O látex é uma dispersão coloidal estável de uma substância polimérica em um meio aquoso. O látex é praticamente neutro, com pH 7,0 a 7,2, mas quando exposto ao ar por um período de 12 a 24 horas, o pH cai para 5,0 e sofre coagulação espontânea, formando opolímero que é a borracha.

De acordo com o processo de cura, a mesma enquadra-se no tipo de borracha “folha não fumada” ou seja, não passa por um processo de defumação para se alcançar a cura e, de acordo com o teor de resíduos expresso pela especificação SMR (Standard Malaysian Rubber), que consiste em se verificar o percentual de resíduos retido em peneira de malha 40

µm. Para o caso em questão o teor de resíduos encontrado foi de 6,5%, podendo a mesma ser enquadrada como do tipo SMR 10 (FILHO e BÓ, 1985).

- Compósito

Um compósito é uma junção de dois ou mais materiais com características específicas unidos para formar um outro material. Para isto, utilizou-se o um resíduo de pneu com distribuição aleatória das raspas, inserindo-se neste resíduo, o látex como matriz polimérica. Fabricaram-se compósitos nas proporções raspa de pneu - látex 2:1; 1:1 e 1:2 (em g), através do método de laminação manual. Depois estes compósitos foram caracterizados em função da análise de suas propriedades voltadas para fins de isolamento térmico.

3.2. Métodos

- Obtenção das raspa de pneu

As raspas foram obtidas de empresas de recauchutadoras/renovadoras de pneu, localizadas nas cidades de Natal e Parnamirim – RN. Que em seu processo de renovação da banda de rodagem do pneu gera esse resíduo.

- Confeção do compósito

Para a confecção das mantas de compósito, as fibras foram pesadas e colocadas em uma forma de aço e o látex foi inserido para a formação de uma manta, nas seguintes proporções 2:1; 1:1 e 1:2 (Raspa de pneu e látex) respectivamente. Como pode ser observado na Fig. (4).



Figura 4. Compósito 1:2 (a); 1:1(b) e 2:1 (c) (raspa de pneu – látex) respectivamente.

3.3. Resistência ao fluxo de calor em sistemas quentes

A variação de grandeza temperatura ao longo da massa de um dado material caracteriza o gradiente de temperatura desse material, o qual está associado à resistência desse material ao fluxo de calor.

Para análises desta propriedade uma fonte de calor foi utilizada em um pino circular de aço carbono 1020 com 20 mm de diâmetro, 120 mm de comprimento e uma fonte de potência de 1100 watts. Envolvendo o pino circular aquecido foi colocado o compósito de fibra de pneu e látex nas proporções de 2:1; 1:1 e 1:2 em forma de manta de 10 mm de espessura, como pode ser observado nas fig. (5, 6 e 7).

Foram utilizados três termopares de cobre-constantan (tipo T) no compósito sendo um localizado na interface compósito pino circular, outro a 5 mm de distância da superfície do pino e outro na superfície externa do compósito. O experimento foi realizado no Laboratório de Mecânica dos Fluidos e Transmissão de Calor / UFRN-Natal, e foi realizado de acordo com a norma ASTM C-518-76.

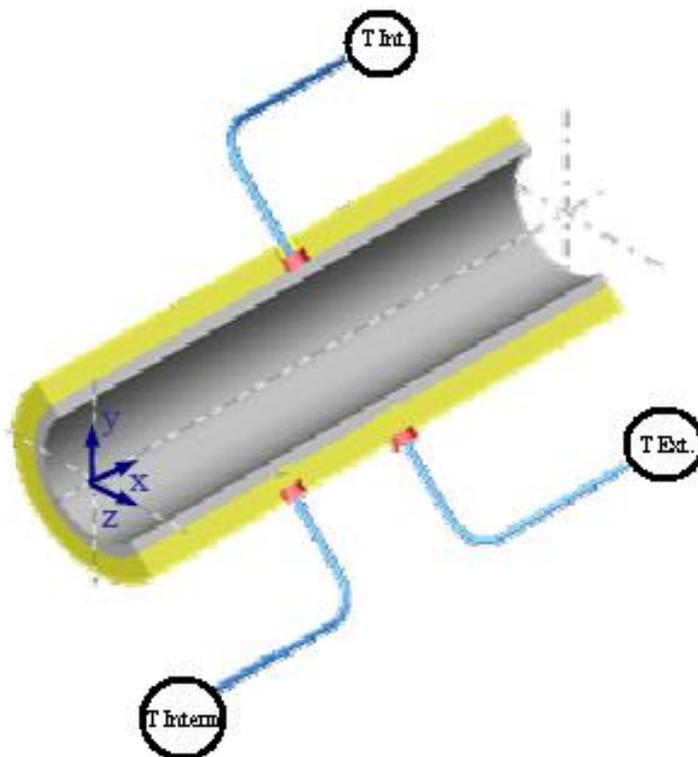


Figura 5. Esquema de distribuição dos termopares.



Figura 6. Acompanhamento do experimento.



Figura 7. Detalhes do experimento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A baixa difusão do calor por parte do compósito, ficou comprovada quando na análise do gradiente de temperatura no compósito. Verificou-se no experimento que, para o compósito 2:1 (Raspa de pneu - látex) uma temperatura de 172°C na interface pino aquecido – compósito, seguidos de valores de 110°C e 99°C para distâncias da interface de 5 mm e 10 mm respectivamente. Dessa forma, obteve-se uma diferença de temperatura de 73°C como pode ser observado na fig. (8).

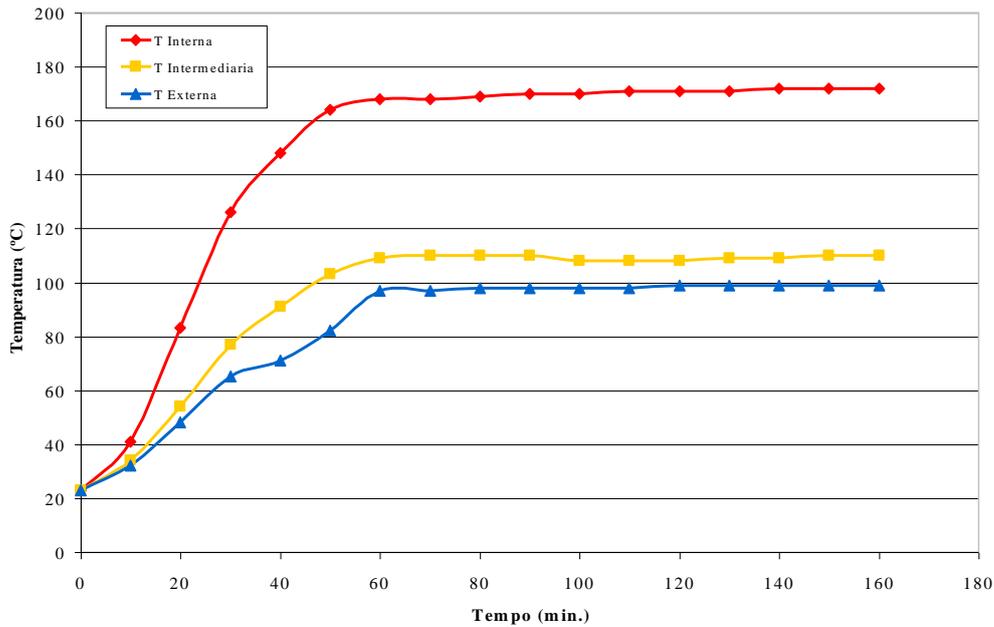


Figura 8. Gradiente de temperatura do compósito 2:1.

Para o compósito 1:1 (Raspa de pneu - látex) uma temperatura de 172°C na interface pino aquecido – compósito, seguindo dos valores 89°C e 59°C para distâncias da interface de 5 mm e 10 mm respectivamente. Dessa forma, obteve-se uma diferença de temperatura de 113°C como pode ser observado na fig. (9).

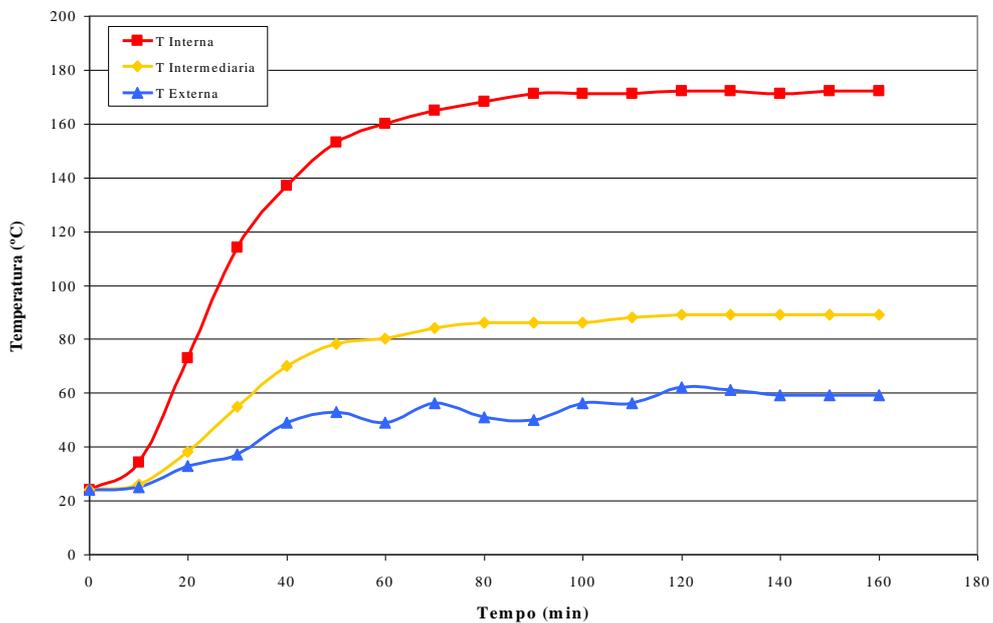


Figura 9. Gradiente de temperatura do compósito 1:1.

Para o compósito 1:2 (Raspa de pneu - látex) uma temperatura de 171°C na interface pino aquecido – compósito, seguindo dos valores 99°C e 81°C para distâncias da interface de 5 mm e 10 mm respectivamente. Dessa forma obteve-se uma diferença de temperatura de 90°C como pode ser observado na fig. (10).

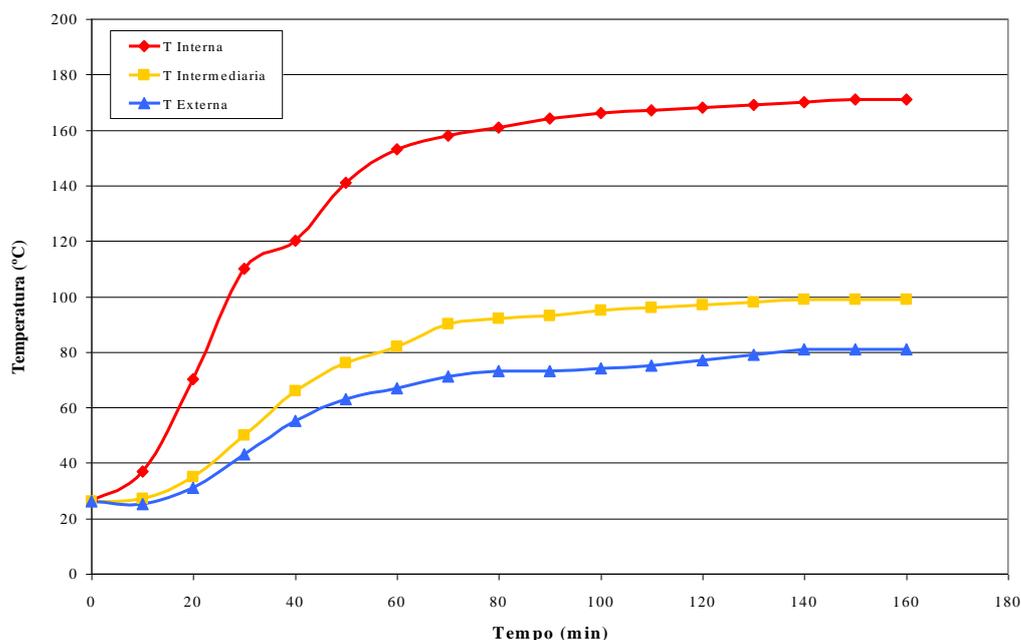


Figura 10. Gradiente de temperatura do compósito 1:2.

Tabela 1. Gradientes de Temperatura $\Delta T(T_{int} - T_{ext.})$

Isolante Térmico	Temperatura
Compósito 2:1	73°C
Compósito 1:1	113°C
Compósito 1:2	90°C

Portanto, verificou-se Tab. (1) que o compósito 1:1 obteve o melhor desempenho entre as proporções analisadas, com uma diferença de temperatura de 113°C em apenas 10 mm de espessura do material analisado, ou seja, do isolante térmico, denotando claramente a característica de retenção de calor do mesmo.

5. CONCLUSÕES

Portanto, diante dos resultados mostrados anteriormente no que tange o sistema a quente, com compósito de diferentes proporções (Raspa de pneu - látex), constatou-se claramente a viabilidade de aplicação técnica do material a ser utilizado como isolante térmico. As flexibilidades dos compósitos possibilitam ao mesmo revestirem superfícies de diversas geometrias.

O compósito 1:1 é comercialmente o mais competitivo pois, para uma manta de 1m² por 5cm de espessura, seu custo é aproximadamente 31% menor que o da lã de vidro, um dos isolantes térmicos comercialmente mais difundidos e vendidos. Isto é válido, porque estes materiais têm eficiência similares.

6. AGRADECIMENTOS

CAPES; CNPQ; PPGEM - UFRN.

7. REFERÊNCIAS

- ABNT. 1997. **Resíduos Sólidos**: ABNT/NBR 10004. Rio de Janeiro.
- STM-C 177. 1982. **Steady-state thermal transmission properties by means of the guarded hot plate**. 1982.
- BOVEA, M. D.; GALLARDO, A. 2006. The influence of impact assessment methods on materials selection for Eco-design. **Materials and Design**, v. 27, p. 209 – 215.
- CAO, W. 2007. Study on properties of recycled tire rubber modified asphalt mixtures using dry process. **Construction and Building Materials**, v. 21, p. 1011-1015.

- GRIPPI, S. 2001. Lixo, reciclagem e sua história: guia para prefeituras brasileiras. Rio de Janeiro: **Interciência**. 134p.
- FILHO, AS.S.; BÓ, M. C. 1985. **Contrôle de qualidade na industria de artefatos de borracha**. Rio de Janeiro: Manuais CNI.
- LARSEN, M. B.; SCHULTZ, L.; GLARBORG, P.; JENSEN, L. S.; JOHANSEN, K. D.; FRANSEN, F.; HENRIKSEN, U. 2006. Devolatilization characteristics of large particles of tyre rubber under combustion conditions, **Fuel**, v. 85. p.1335 –1345.
- LUND, H. 1993. **The McGraw Hill recycling handbook**. New York: Mc Graw Hill.
- MENDES, J.U.L., 2000. **Development of A Composite Biodegradable For Thermal Isolation**. Theory of Doctorate, PDCEM/UFRN, Natal, Brazil, pp.82-83.
- PIERCE, C; BLACKWELL, M. 2002. **Potencial of Scrap Tires Rubber as Lightweight Aggregate in Flowable Fill**.
- PNEWS, R. 2002. **Associação Brasileira dos Recauchutadores, Reformadores e Remoldadores – ABR**. Nº 34.

8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

ANALYSIS OF THE GRADIENT OF TEMPERATURE OF COMPOSITE MATERIAL IN HOT SYSTEMS

Elmo Thiago Lins Cöuras Ford, elmocouras@hotmail.com¹

José Ubiragi de Lima Mendes, ubiragi@ct.ufrn.br¹

Rubens Maribondo do Nascimento, rmaribondo@ufrnet.br¹

Luiz Guilherme Meira de Souza, lguilherme@dem.ufrn.br¹

Reginaldo Dias dos Santos, reginaldox@hotmail.com¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

***Abstract.** Now the great majority of the applications of thermal isolation in the strip of drops and averages temperatures (up to 180°C), it is made being used from aggressive materials to the nature such as: glass wool, rock wool, polystyrene, EPS among others. Such materials, in spite of the effectiveness in the retention of the flow of heat, possess considerable cost and when discarded they are long years to be to decompose. In that context, trying to adapt the world politics the about of the preservation of the environment, a study began with intention of developing a material composite, with properties of thermal, originating from insulating industrial residues. For that, composite the base of it scrapes of tire and latex seeking to be applied for thermal isolation in "hot" systems (up to 180°C). The results obtained experimentally they proved that the composite, it can be used for isolation ends in warm surfaces, in the strip of temperature of 180°C as it can be observed analyzing the gradients of temperatures.*

***Keywords:** Scrapes of tires; Composite material, Temperature gradient.*