

ANÁLISE DA CAPACIDADE DE ISOLAMENTO TÉRMICO DE MANTAS DE RESÍDUOS DE POLIETILENO CO – ACETATO DE VINILA (EVA) EM SUPERFÍCIES PLANAS

Gabriela Soares Santos, gabriela_soares_santos@hotmail.com¹

¹Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, 710 ,Centro , Cruz das Almas, Bahia, 44.380-000.

Resumo: A utilização de isolantes térmicos é presenciada em diversos setores, destacando-se o uso industrial e na construção civil, para aplicações em economia de energia, climatização e refrigeração. Os materiais poliméricos também ocupam posição de destaque em diversos sistemas produtivos, englobando o uso desde confecção de simples utensílios, até aplicações no setor automobilístico, aeronáutico e médico. As indústrias calçadistas fazem uso do EVA para produção de solas, entressolas e palmilhas, e realizam o descarte de um grande volume de rebarbas desse material, estimando no Brasil um montante de 7932 toneladas anuais. Este estudo tem por finalidade analisar a aplicabilidade de mantas de EVA constituídas de resíduos da indústria calçadista como isolantes térmicos, de maneira a identificar a melhor configuração de isolante mediante a análise da eficiência do isolamento. Foram realizados seis ensaios com diferentes configurações para uma geometria de parede plana combinando dois tipos de manta. Os dados coletados foram comparados em relação à eficiência térmica do isolamento, a configuração de maior eficiência térmica média atingida foi de 65% e a menor eficiência dentre as configurações foi de 32%.

Palavras-chave: EVA, isolantes térmicos, eficiência de isolantes térmicos

1. INTRODUÇÃO

Os materiais poliméricos têm sido largamente utilizados em vários ramos do setor industrial, é observável sua utilização no ramo de brinquedos, eletroeletrônicos e até automobilístico, a presença dos materiais poliméricos nos mais diversos segmentos revela sua versatilidade, caracterizada principalmente por sua baixa densidade, durabilidade e baixo custo de obtenção e processamento. Dentre os polímeros podemos destacar o etileno acetato de vinila (EVA) presente em diversas aplicações como fabricação de tatames e embalagens para carne, além de sua expressiva participação no setor calçadista principalmente como matéria-prima para fabricação de palmilhas, entressolas e solados, a ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria de Plásticos (2014) aponta que dentro do consumo de transformados plásticos o EVA tem uma representatividade de 1,5%.

De acordo com Zattera *et al.* (2005) o copolímero polietileno co- acetato de vinila (EVA) é formado pelo encadeamento de sequências aleatórias de polietileno e poli acetato de vinila (PVA), sua complexa morfologia é composta por uma fase cristalina e uma fase amorfa. Medeiros (2016) discorre que o EVA trata-se de um polímero termoplástico da família das oleofinas e que suas propriedades possuem forte dependência do teor de acetato de vinila da cadeia polimérica, sendo considerados polímeros de baixa concentração aqueles que o teor de acetato de vinila varia entre 1% e 18% e de alta concentração quando o teor é superior 18%, quanto maior o teor de acetato de vinila no EVA maior será a sua polaridade tornando o material mais resistente ao impacto, mais flexível e transparente, o EVA com teores de acetato de vinila entre 18-28% em massa são os que possuem grande aplicação na indústria de calçados.

Os itens a compor o calçado são recortados de placas de EVA, o processo de corte e acabamento de chapas expandidas de EVA gera uma média de 18% em massa de material residual, constituindo um montante estimado no Brasil deste tipo de descarte da ordem de 7.932 toneladas anuais (ZATTERA *et al.*, 2005). Isso torna a geração de sobras desse material um fator preocupante, visto que o EVA não é biodegradável, fortalecendo assim a necessidade de uma forma de reaproveitamento desses de maneira a garantir um desenvolvimento sustentável. Almeida (2006) ressalta a importância do reaproveitamento de material pós-consumo e sua contribuição para a redução do impacto ambiental e dos custos de produção, quando comparados com os custos utilizando matéria prima virgem, Zattera *et al.* (2005) afirma que o custo de moagem para reprocessamento do EVA representa 5% do custo do EVA virgem. O preço do EVA para confecção do calçados encontrasse na faixa de R\$ 7,40/kg a R\$ 7,80/kg (BRASKEM, 2016).

Uma filial da empresa Bibi Calçados, localizada na cidade de Cruz das Almas produz em média 160 kg de resíduos de EVA mensalmente, constituindo-se assim um fator preocupante o destino a ser dado para este material, o qual pouco mais de 3% é reaproveitado no processo produtivo. A empresa está confeccionando mantas com as rebarbas de EVA da

linha de produção, a confecção das mantas é realizada para melhor armazenamento do material, com economia de espaço, o reaproveitamento desse resíduo representa uma ação direcionada ao desenvolvimento sustentável e da qualidade ambiental da empresa. O uso crescente de isolantes térmicos impulsionados pelo desenvolvimento das atividades industriais, aplicações em climatização e refrigeração e os investimentos em economia de energia torna atrativo o estudo de materiais de alta qualidade e baixo custo para utilização em isolamentos térmicos, mostrando-se uma excelente oportunidade de desenvolvimento de novas tecnologias. Neste contexto, o presente trabalho fundamenta-se em analisar configurações da utilização dessas mantas como isolantes térmicos, em superfícies planas.

A utilização de isolantes térmicos é vista tanto no setor industrial, (como exemplo isolante em tubulações, dutos, tanques e caldeiras), como no setor da construção civil, seja pra um grande edifício empresarial ou aplicações residenciais. Segundo a ABRALISO - Associação Brasileira dos Fabricantes de Lãs Isolantes (2016), na indústria a utilização de isolantes térmicos traz como principais benefícios o controle da condensação, a conservação da energia e a proteção pessoal, quando corretamente projetado e instalado, o isolamento é capaz de reduzir o consumo de energia, o qual por sua vez é um dos mais caros componentes do custo de um produto industrial, com o menor consumo de energia, cada unidade do produto terá o seu custo final reduzido, garantindo assim ganhos em termos de competitividade para a empresa. Considerando o uso de isolantes térmicos em edificações (comerciais, residenciais e industriais) a ABRALISO (2014) afirma que constitui-se como um importante recurso para propiciar melhores condições de conforto térmico, além de reduzir o consumo de energia gasta no condicionamento de ar (aquecimento ou refrigeração), sua utilização em coberturas e fachadas impede que o calor seja transmitido para o interior da edificação. A pesquisa desenvolvida nesse trabalho analisou a aplicabilidade da manta de resíduos de EVA como isolante térmico, propondo uma configuração com melhor eficiência de isolamento.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os ensaios foram realizados com base nas normas ABNT – NBR 15220 (parte 4), ASTM C-177 e ISO 8302 utilizadas mediante algumas adaptações. A aplicação desse método é baseada nas condições de gradiente de temperatura médio estabelecido sobre o corpo de prova, por meio de um fluxo de calor em regime permanente, considerando que o corpo de prova está transferindo calor por meio de condução unidimensional e convecção livre. A figura 1 esboça a construção básica do equipamento.

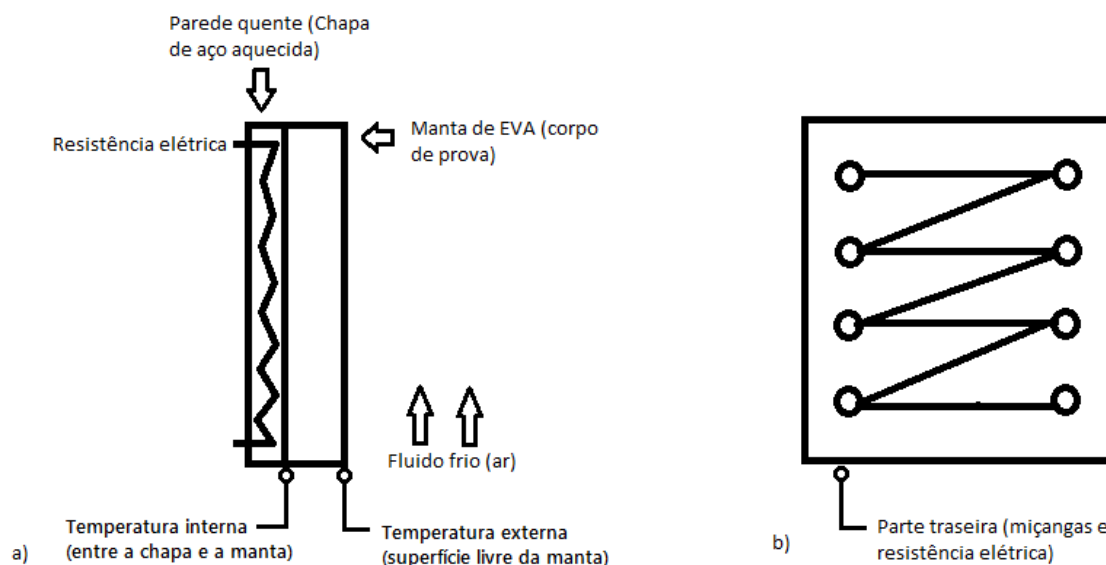


Figura 1. Constituição básica do equipamento – a) Vista lateral, b) Vista frontal

Para montagem do experimento foi utilizada uma placa de aço 1020, em um dos lados foi realizada a fixação das miçangas de cerâmica e instalada a resistência elétrica responsável pelo aquecimento da aparelhagem. Foi posto um termopar na parte traseira da placa, onde se encontrava a resistência, esse termopar estava ligado ao micro controlador que por sua vez manipulava o avanço de temperatura da resistência elétrica, para a aquisição das temperaturas dois termopares foram conectados a um multímetro cada, realizando o monitoramento das temperaturas na manta, um instalado entre a chapa e a manta (temperatura interna) e o outro instalado na superfície livre da manta (temperatura externa).

As mantas de EVA utilizadas como corpos de prova nos experimentos foram confeccionadas e cedidas pela empresa Bibi Calçados. Elas são compostas por resíduos de EVA provenientes do processo de fabricação da empresa e EVA virgem, tais elementos são moídos e prensados de forma a compor a manta. Devido a diferenças de composição

dos materiais utilizados, as mantas utilizadas no experimento são de dois tipos, manta fina e manta grossa, conforme vistos a seguir na figura 2:



Figura 2. Mantas de EVA – a) manta fina, b) manta grossa

As mantas foram ensaiadas em seis diferentes configurações:

- Ensaio 1: Uma manta fina (Configuração Manta Fina – CMF)
- Ensaio 2: Uma manta grossa (Configuração Manta Grossa – CMG)
- Ensaio 3: Duas mantas finas (Configuração Manta Fina + Manta Fina - CMFF)
- Ensaio 4: Duas mantas grossas (Configuração Manta Grossa + Manta Grossa – CMGG)
- Ensaio 5: Uma manta fina (interna) e uma manta grossa (externa) (Configuração Manta Fina + Manta Grossa – CMFG)
- Ensaio 6: Uma manta grossa (interna) e uma manta fina (externa) (Configuração Manta Grossa + Manta Grossa – CMGF)

A Fig. 3 apresenta as configurações dos ensaios.

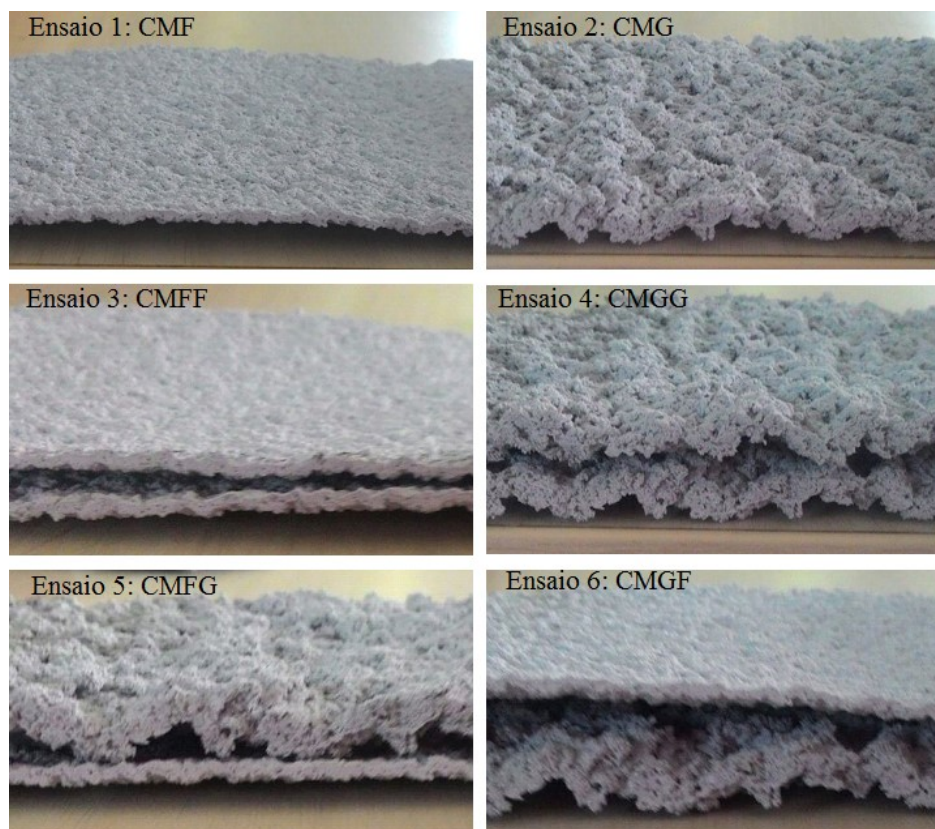


Figura 3. Configurações ensaiadas

De posse das temperaturas foram então calculadas a eficiência térmica de cada ponto e a eficiência média da configuração. Foi considerada como eficiência térmica do isolante sua capacidade de impedir que o calor atravessasse as interfaces da manta (reter calor), calculando essa eficiência com uso das temperaturas interna (T_{int}) e externa (T_{ext}) da configuração, como mostra a Eq. (1).

$$\text{Eficiência} = \frac{T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}}{T_{\text{int}}} \times 100\% \quad (1)$$

Posteriormente os valores de eficiências médias foram comparados de maneira a identificar qual configuração apresentou melhor performance.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira configuração a ser ensaiada foi a CMF. A Tab.1 a apresenta os resultados da eficiência durante o tempo de ensaio para essa configuração.

Tabela 1. Resultados CMF

Tempo (minutos)	Temperatura interna (°C)	Temperatura externa (°C)	Eficiência
5	49,7	32,4	35%
10	64,0	39,7	38%
15	78,4	47,0	40%
20	90,4	61,5	32%
25	102,5	68,8	33%
30	109,8	76,0	31%
35	114,6	80,8	30%
40	122,0	85,6	30%
45	131,8	90,4	31%
50	134,2	97,7	27%
55	136,6	97,7	29%
60	139,1	100,1	28%
65	139,1	100,1	28%
Eficiência média			32%

Durante a realização do ensaio da CMF foi percebido que a manta começou a expelir gases a partir de medição de 45 min, com temperatura interna de 131,8 °C. A eficiência média da configuração foi de 32%, sua máxima eficiência pontual, 40%, foi obtida na medição de 15 min, e a eficiência mínima, 27%, na medição de 50 min. Nessa configuração (CMF) observou-se que para o ponto em que a manta começou a expelir fumaça com consequente perda de massa mediante o derretimento do material a eficiência foi reduzida.

O segundo ensaio a ser realizado foi com CMG. Os resultados são apresentados na Tab 2.

Tabela 2. Resultados CMG

Tempo (minutos)	Temperatura interna (°C)	Temperatura externa (°C)	Eficiência
5	44,6	22,5	49%
10	64,0	29,9	53%
15	80,8	37,3	54%
20	95,3	47,0	51%
25	109,8	56,7	48%
30	117,1	59,1	50%
35	126,9	64,0	50%
40	136,7	68,8	50%
45	141,6	71,2	50%
50	146,6	73,6	50%
55	151,5	76,0	50%
60	156,5	78,4	50%
65	159,0	78,4	51%
70	161,5	78,4	51%
75	164,0	78,4	52%
80	164,0	78,4	52%
Eficiência média			51%

A CMG consegue suportar temperaturas internas maiores que a CMF, chegando a atingir 164°C, no entanto após o teste a manta possui suas partículas desagregadas pela deformação. São abertos grandes poros na manta, e sua remoção de forma inteira é impossível, pois a mesma fica muito despedaçada. A eficiência média da configuração foi de 51%, tendo atingindo eficiência pontual máxima de 54% (medição 15 min) e mínima de 48% (medição 25 min). A dilatação provoca a saída de gases da queima, retirando calor da parte interna, porém esses gases afetam a medição do termopar da superfície externa, levando queda de eficiência observada entre as medições 15 e 25 min. Porém depois que uma parte considerável de gás foi liberada, a manta estabiliza seu comportamento, e posteriormente aumenta sua eficiência.

A terceira configuração a ser ensaiada foi CMFF. Os resultados são apresentados a seguir na Tab. 3.

Tabela 3. Resultados CMFF

Tempo (minutos)	Temperatura interna (°C)	Temperatura externa (°C)	Eficiência
5	29,9	20,1	33%
10	49,7	22,5	55%
15	61,5	29,9	51%
20	76,0	37,3	51%
25	92,9	44,6	52%
30	104,9	54,3	48%
35	114,6	59,1	48%
40	122,0	64,0	48%
45	129,3	66,4	49%
50	136,7	71,2	48%
55	141,6	73,6	48%
60	144,1	76,0	47%
65	149,1	80,8	46%
70	151,5	83,2	45%
75	154,0	85,6	44%
80	154,0	88,0	43%
85	156,5	90,4	42%
90	156,5	92,9	41%
95	156,5	95,3	39%
100	159,0	97,7	39%
105	159,0	97,7	39%
Eficiência média			45%

A CMFF suportou a uma temperatura maior (159 °C) em relação ao uso da CMF (139,1°C), no entanto sua superfície interna mostrou-se mais queimada. A resistência de contato entre as mantas e uma espessura maior de isolamento proporcionou um maior espaço de tempo para perda de massa da manta externa, no entanto potencializou a queima da manta interna. A eficiência média da CMFF foi de 45%, a eficiência pontual máxima (55%) foi obtida na medição 10 min e a eficiência mínima (33%) na medição de 5 min, sendo superior à eficiência média da CMF de 32%.

O quarto ensaio realizado foi CMGG. Os resultados seguem na Tab. 4.

Tabela 4. Resultados CMGG

Tempo (minutos)	Temperatura interna (°C)	Temperatura externa (°C)	Eficiência
5	42,1	20,1	52%
10	59,1	20,1	66%
15	76,0	22,5	70%
20	90,4	27,5	70%
25	104,9	29,9	71%
30	114,6	34,8	70%
35	122,0	39,7	67%
40	131,8	42,1	68%
45	139,1	47,0	66%
50	146,6	51,9	65%

55	154,0	54,3	65%
60	161,5	56,7	65%
65	169,0	59,1	65%
70	174,0	64,0	63%
75	176,5	73,6	58%
80	176,5	78,4	56%
85	176,5	80,8	54%
90	176,5	85,6	51%
95	176,5	85,6	51%
Eficiência média			63%

As mantas da CMGG possuem uma superfície bastante irregular, propiciando acúmulos de ar nos vazios, sendo dessa forma sua resistência térmica potencializada pela resistência de contato. Porém essa configuração ainda possui a desvantagem de ter baixa resistência mecânica, pois a manta após o ensaio apresenta-se deteriorada, e de difícil remoção. A CMGG apresentou uma eficiência média de considerável destaque entre os testes, 63%, suportando a temperatura interna máxima de 176,5°C. Apresentou eficiência pontual máxima de 71% (medição 25 min) e eficiência mínima de 51% nas medições finais do experimento (medições 90 e 95 min), observando que o mínimo valor obtido na CMGG corresponde à eficiência média da CMG.

O ensaio seguinte, ensaio 5, foi realizado com a CMFG, os resultados são apresentados na Tab.5 a seguir.

Tabela 5. Resultados CMFG

Tempo (minutos)	Temperatura interna (°C)	Temperatura externa (°C)	Eficiência
5	37,3	20,1	46%
10	59,1	22,5	62%
15	68,8	27,5	60%
20	80,8	32,4	60%
25	97,7	37,3	62%
30	107,4	44,6	58%
35	117,1	49,7	58%
40	129,3	51,9	60%
45	139,1	54,3	61%
50	146,6	56,7	61%
55	151,5	69,1	54%
60	156,5	61,5	61%
65	164,0	64,0	61%
70	169,0	66,4	61%
75	171,5	68,8	60%
80	174,0	68,8	60%
85	174,0	68,8	60%
Eficiência média			59%

Para este ensaio, a manta interna (fina) ao final do experimento apresentou-se queimada, enquanto que a manta externa (grossa) apenas teve os poros mais dilatados. A CMFG suportou a uma máxima temperatura interna de 174 °C e obteve eficiência média de 59%. O maior valor para eficiência, 62%, foi obtido nas medições de 10 e 25 min. A menor eficiência, 54%, ocorreu na medição de 55min. Este ponto corresponde a uma flutuação na curva da eficiência, possivelmente ocasionado pela dilatação da manta grossa acompanhada da liberação dos gases de queima da manta fina.

Por fim, a última configuração a ser ensaiada, ensaio 6, foi utilizando a CMGF. Os resultados são vistos a seguir na Tab. 6.

Tabela 6. Resultados CMGF

Tempo (minutos)	Temperatura interna (°C)	Temperatura externa (°C)	Eficiência
5	49,7	20,1	60%
10	68,8	20,1	71%
15	78,4	25,0	68%

20	92,9	29,9	68%
25	104,9	32,4	69%
30	119,5	39,7	67%
35	126,9	42,1	67%
40	136,7	47,0	66%
45	146,6	49,7	66%
50	154,0	51,9	66%
55	161,5	56,7	65%
60	166,5	59,1	64%
65	171,5	64,0	63%
70	174,0	66,4	62%
75	179,0	68,8	62%
80	179,0	71,2	60%
85	181,5	73,6	59%
90	181,5	73,6	59%
Eficiência média			65%

Nesse ensaio a manta interna (grossa) sofreu queima e apresentou abertura de poros, enquanto que a manta externa (fina) permaneceu basicamente intacta. A eficiência média foi de 65%, sendo capaz de suportar a uma temperatura interna de 181,5°C. A maior eficiência da configuração foi de 71% (medição 10 min), e sua menor eficiência foi de 59%, ocorrendo no final do experimento (medições 85 e 90 min). É possível observar que a menor eficiência obtida na CMGF é igual à eficiência média da CMFG (59%).

A Fig. 4 trás um comparativo das eficiências médias das configurações de isolamento que foram analisadas.

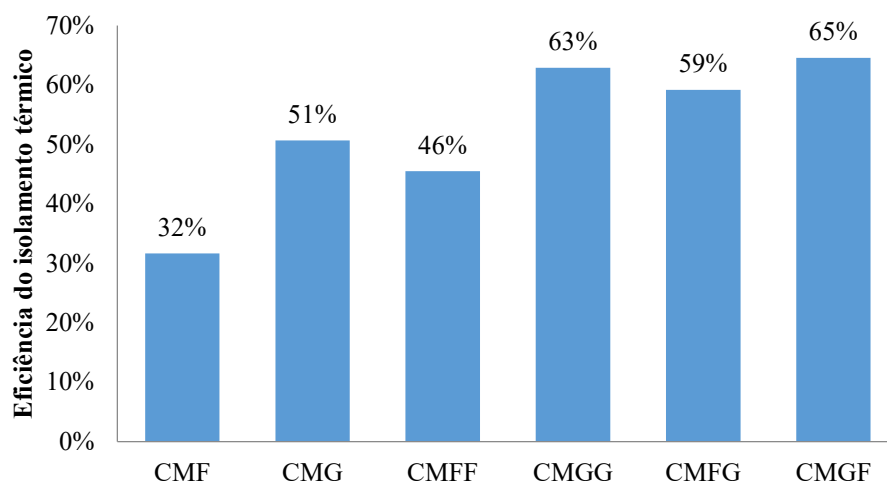


Figura 4. Eficiência das configurações de isolantes

Durante todos os testes, foi perceptível a liberação de gases ao fim do experimento, antecedendo a estabilização dos valores no visor equipamento para medição de temperatura. Ao iniciar a queima, o material tem suas propriedades alteradas, e passa a reduzir sua capacidade de isolamento. De acordo com Lucas, Soares e Monteiro (2001) a degradação do EVA ocorre em duas faixas, sendo a primeira até a temperatura de 400 °C e a segunda faixa de 400 a 500 °C, a primeira faixa está relacionada com a degradação do acetato de vinila, enquanto que a segunda faixa refere-se a degradação da parte olefinica. Dessa forma, considerando a temperatura dos ensaios, o gás expelido provavelmente trata-se do acetato de vinila.

A configuração que suportou a maior temperatura interna e apresentou maior eficiência média foi CMGF, suportando 181,5°C com eficiência média de isolamento de 65%, chegando a atingir 71% de eficiência em uma medição pontual (10 min), a CMGG também obteve uma eficiência pontual com 71% (medição 25 min), no entanto sua eficiência média foi de 63%. A menor eficiência da capacidade de isolamento foi obtida na configuração com uso de apenas uma manta fina, com eficiência média de 32%, para valores de eficiência pontual o menor valor também foi oriundo dessa configuração, 27% (medição 50 min). Entretanto, vale ressaltar que a manta fina apresenta as melhores integridades ao término dos ensaios.

4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos pelos ensaios é possível concluir que a configuração que permite melhor eficiência de isolamento é a CMGF, atingindo a eficiência média de 65%, e a menor eficiência de isolamento é atribuída a CMF que obteve como eficiência média 32%.

5. REFERÊNCIAS

- ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico, Perfil da Indústria Brasileira de Transformados Plásticos, Relatório, 2014.
- ABRALISO - Associação Brasileira dos Fabricantes de Lãs Isolantes, O poder do isolamento. Disponível em: <http://www.abraliso.org.br/iso_term.html>. Acesso em 03 de maio de 2016.
- ALMEIDA M. G. Incorporação de polietileno pós-consumo em espumas de polietileno de baixa densidade. Dissertação (Mestrado em Materiais) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2006.
- BRASKEM. Disponível em: <<https://www.braskem.com.br/busca-de-produtos>>. Acesso em 03 de julho de 2016.
- MEDEIROS, M. T. S.. Investigação dos efeitos radiolíticos no poli (etileno-coacetato de vinila) (EVA). Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- LUCAS, E. F., SOARES, B. G., MONTEIRO, E. Caracterização de polímeros – Determinação de peso molecular e Análise térmica", E-papers Serviços Editoriais, Rio de Janeiro (2001)
- ZATTERA, A. J.; BIANCHI, O.; ZENI, M.; FERREIRA, C. A.. Caracterização de resíduos de copolímeros de etileno-acetato de vinila – EVA. Revista Polímeros, v.15, n.1, jan./mar. 2005.

6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

“A autora é a única responsável pelo conteúdo deste trabalho”.

ANALYSIS OF THE THERMAL INSULATION CAPACITY OF RESIDUES QUILTS OF POLYETHYLENE VINYL CO - ACETATE (EVA) ON FLAT SURFACES

Gabriela Soares Santos, gabriela_soares_santos@hotmail.com¹

¹ Federal University of the Recôncavo of Bahia, Rui Barbosa, St 710, Centro, Cruz das Almas, Bahia, 44.380-000

Abstract. *The utilization of thermal insulations attends many segments, with highlight to industrial and civil engineering use, for applying in energy saving, acclimatization, and cooling. In addition, polymeric materials occupy a highlight position in many productive systems, including its use from simple tools confection until applications in automobile, aeronautic and medical sectors. Footwear companies use EVA to produce shoes soles, midsoles and insoles, and they discard a huge volume of burrs from this material, it is estimated the amount of 7932 annual tons in Brazil. This study intends to analyze the applicability of EVA quilts, constituted by residues from footwear companies, as thermal insulations, identifying the best configuration by analyzing insulation efficiency. Six tests with different configuration for plan wall's geometry combining two types of quilts were performed. The data collected were compared by the thermal efficiency of insulation, the highest average thermal efficiency accomplished was 65% and the lowest efficiency among the configurations was 32%.*

Keywords: *EVA, thermal insulants, thermal insulants efficiency.*