



III-138 – ISOLAMENTO TÉRMICO DE TELHADOS COM A UTILIZAÇÃO DE PLACAS CONSTITUÍDAS DE RESÍDUOS DE EPS E EMBALAGENS TETRA PAK

Francielle Nicaretta⁽¹⁾

Estudante do 9º período de Engenharia Civil da Universidade Comunitária Regional de Chapecó (Unochapecó).

Rosiléa Garcia Franca

Professora do Mestrado em Ciências Ambientais da Unochapecó. Doutora em Engenharia Civil pela Unicamp. Mestre em Engenharia Oceânica pela Fundação Universidade do Rio Grande (FURG). Engenheira Civil pela FURG.

Patricia Rossoni

Estudante do 9º período de Engenharia Civil da Unochapecó.

Rebecca Iva Carreiro Simonetti do Pillar

Estudante do 9º período de Engenharia Civil da Unochapecó.

Endereço⁽¹⁾: Rua Papa João XXIII, 504 – Xanxerê – Santa Catarina - SC - CEP: 89820-000 - Brasil - Tel: (49) 8827-2446 - e-mail: franicaretta@hotmail.com

RESUMO

Por ser um país com extensão territorial muito grande, o Brasil apresenta diferenças climáticas acentuadas. Os frios intensos do sul do país e o calor de outras regiões resultam na necessidade de isolamento térmico para que se tenha maior conforto e economia de energia. Como o maior ganho térmico em edificações horizontais se dá pela cobertura, uma boa maneira de melhorar o conforto térmico trata-se do isolamento térmico da mesma. O presente estudo foi conduzido adotando-se duas células teste de madeira com 0,40 m x 0,40 m de base e 0,50 m de altura com a face superior aberta. Em uma das faces laterais de cada célula teste foram instalados medidores de temperatura digital. Foram testadas as cinco opções de isolamento térmico citadas a seguir: Opção 1) Uma placa de isopor de 1 cm de espessura sobre uma camada de embalagens Tetra Pak com a face aluminizada voltada para baixo; Opção 2) Uma camada de embalagens Tetra Pak com as embalagens abertas e a face aluminizada voltada para baixo; Opção 3) Uma camada de embalagens Tetra Pak com as embalagens abertas e a face aluminizada voltada para cima; Opção 4) Uma placa de isopor de 1 cm de espessura; Opção 5) Uma camada de embalagens Tetra Pak com as embalagens fechadas e armadas. Pelos resultados obtidos, a opção de isolamento com embalagens Tetra Pak fechadas e armadas foi a opção que obteve maior eficiência sendo que o aumento de temperatura no interior da célula teste com o isolamento foi de apenas 0,9°C enquanto na célula teste sem o isolamento térmico submetida às mesmas condições de aquecimento o aumento de temperatura no interior da célula chegou a 5,80°C, ou seja, 4,90°C a mais do que na célula com o isolamento. Este fato deve-se à presença da câmara de ar no interior da embalagem associado às características de baixa emissividade dos materiais constituintes das embalagens Tetra Pak principalmente do alumínio. A utilização destes materiais reaproveitados como isolantes térmicos de coberturas apresenta grande eficiência e pode melhorar de maneira significativa o conforto térmico de edificações. Além disso, os materiais pesquisados apresentam baixo custo e sua reutilização pode contribuir para o aumento da vida útil dos materiais e consequente melhoria do meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Isolamento térmico, Embalagens Tetra Pak, Poliestireno expandido. Meio Ambiente.

INTRODUÇÃO

Inúmeras residências brasileiras, principalmente as de baixa renda, apresentam problemas de conforto térmico tanto nos períodos de calor intenso quanto nas estações mais frias. Uma alternativa para melhoria do comportamento térmico destas edificações trata-se do isolamento térmico da cobertura. Segundo a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido, no caso de edificações térreas, a superfície de exposição ao calor ou ao frio tem 70 % da troca de calor através do telhado. Ainda em sobrados, a troca é em média de 50 %, o que torna a cobertura a maior responsável pelas perdas e ganhos de calor nos edifícios de 1 ou 2 pavimentos.

A cobertura, ao mesmo tempo em que recebe uma grande quantidade de calor, também irradia o calor acumulado quando a temperatura ambiente diminui. Esta capacidade de absorver e irradiar calor depende das características térmicas dos materiais que a compõe.

Desta forma, um isolamento térmico eficiente depende, sobretudo, da correta especificação dos materiais a partir do conhecimento da influência de suas propriedades térmicas e propriedades radiantes, e deve estar de acordo com as estratégias climáticas mais adequadas para cada local.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta uma análise comparativa do desempenho térmico de diferentes formas de isolamento de coberturas utilizando-se dois materiais com características propícias para tal função: o EPS e as embalagens Tetra Pak.

O EPS, ou poliestireno expandido, foi selecionado para esta pesquisa devido ao seu baixo coeficiente de condutividade térmica, que segundo Tessari (2006), é da ordem de 0,030 a 0,034 w/m °C. Além disso, este material apresenta um baixo índice de absorção de água e é um material extremamente leve já que é formado por 2% de poliestireno e 98% de vazios, fato que o torna um material de fácil manuseio.

Apesar de sua baixa densidade, o isopor ocupa muito volume, o que o torna um problema para os aterros sanitários. Segundo o Instituto Akatu (2008), eles também são difíceis de compactar e acabam assim prejudicando a decomposição de materiais biodegradáveis.

Nesta pesquisa, as embalagens Tetra Pak foram selecionadas para este estudo, pois é composta por uma camada de alumínio que impede a passagem de oxigênio e de luz, duas camadas de polietileno que separam o leite do alumínio, uma camada de papelão onde se faz a impressão e uma camada de polietileno que protege o papelão. Pelo fato de apresentarem esta camada de alumínio que têm uma emissividade muito baixa, as embalagens longa vida podem ser recicladas, sendo colocadas como mantas embaixo da telha, diminuindo o calor irradiado.

A pesquisa demonstra que a utilização do EPS e das embalagens Tetra Pak como isolantes térmicos de telhados forma uma barreira térmica eficiente e capaz de melhorar de forma significativa a temperatura ambiente no interior das edificações. Além disso, esta alternativa provoca redução das áreas necessárias para aterro pela diminuição do volume de resíduos, economia de energia devido à menor necessidade da utilização de sistemas de ar-condicionados, redução no consumo de recursos naturais não-renováveis através da substituição por resíduos reciclados, entre outros benefícios.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido adotando-se duas células teste de madeira com 0,40 m x 0,40 m de base e 0,50 m de altura com a face superior aberta. Em uma das faces laterais de cada célula teste foram instalados medidores de temperatura digital conforme mostrado na Figura 1, de maneira que pudesse medir a temperatura ambiente no interior das células teste.



Figura 1: Células teste com medidores de temperatura digitais instalados (esquerda) e medidor temperatura digital (direita)

Na face superior de uma das células teste, foi colocada uma cobertura composta por uma telha de fibrocimento de 4 mm de espessura. Na segunda célula teste, sob a telha de fibrocimento foi colocada uma opção de



isolamento térmico constituída por embalagens Tetra Pak e/ou Poliestireno Expandido. No decorrer da pesquisa foram testadas as cinco opções de isolamento térmico citadas a seguir:

- Opção 1) Uma placa de isopor de 1 cm de espessura sobre uma camada de embalagens Tetra Pak com a face aluminizada voltada para baixo;
- Opção 2) Uma camada de embalagens Tetra Pak com as embalagens abertas e a face aluminizada voltada para baixo;
- Opção 3) Uma camada de embalagens Tetra Pak com as embalagens abertas e a face aluminizada voltada para cima;
- Opção 4) Uma placa de isopor de 1 cm de espessura;
- Opção 5) Uma camada de embalagens Tetra Pak com as embalagens fechadas e armadas.

Cada uma destas opções de isolamento foi testada em uma sequência de monitoramento onde as duas células teste eram submetidas às mesmas condições de temperatura externa e comparadas as temperaturas internas. Os materiais utilizados como isolantes térmicos podem ser visualizados na figura a seguir.

Para aumentar a temperatura do meio externo foram utilizadas quatro lâmpadas de 100 W cada, gerando uma potência total de 400 W em cada célula teste. As lâmpadas foram posicionadas a aproximadamente 7 cm de altura da telha de fibrocimento. Procurou-se com este modelo simular a real situação de uma edificação exposta à ação do aquecimento solar. O esquema geral pode ser observado na Figura 2.



Figura 2: Esquema geral da realização dos testes

Depois de ligadas as lâmpadas foram coletadas medições de temperatura a cada cinco minutos de ambas as células testes. O aquecimento foi prolongado por um período de duas horas para cada opção de isolamento. Passado este período de tempo, as lâmpadas eram desligadas e as coberturas das células retiradas até que a temperatura no interior destas atingisse novamente a temperatura ambiente e uma nova opção de isolamento pudesse ser testada.

Os resultados foram organizados em tabelas e gráficos e estão apresentados a seguir. Foi realizada uma análise comparativa de cada opção de isolamento com as células teste sem isolamento. Além disso, procurou-se comparar as diversas opções de isolamento entre si buscando identificar a que melhor proporcionaria melhoria no conforto térmico das edificações.

RESULTADOS

OPÇÃO 1

As medições de temperatura obtidas do monitoramento das células teste quando utilizado o isolamento com uma placa de isopor de 1 cm de espessura sobre uma camada de embalagens Tetra Pak com a face aluminizada voltada para baixo sob a telha de uma das células teste encontram-se expressos na tabela a seguir. A Figura 3 ilustra a diferença de temperatura entre a célula teste com isolamento e a célula teste sem o isolamento térmico.



Tabela 1: Medições de temperatura nas duas células teste para a opção 1

| TEMPO (min) | Temperatura célula com isolamento (°C) | Temperatura célula sem isolamento (°C) | Diferença (°C) |
|-------------|--|--|----------------|
| 0 | 15,20 | 15,20 | 0,00 |
| 5 | 15,20 | 15,30 | 0,10 |
| 10 | 15,40 | 15,90 | 0,50 |
| 15 | 15,60 | 16,30 | 0,70 |
| 20 | 15,80 | 16,70 | 0,90 |
| 25 | 16,00 | 17,00 | 1,00 |
| 30 | 16,20 | 17,30 | 1,10 |
| 35 | 16,30 | 17,50 | 1,20 |
| 40 | 16,50 | 17,80 | 1,30 |
| 45 | 16,70 | 18,20 | 1,50 |
| 50 | 16,90 | 18,50 | 1,60 |
| 55 | 17,10 | 18,80 | 1,70 |
| 60 | 17,30 | 19,00 | 1,70 |
| 65 | 17,50 | 19,20 | 1,70 |
| 70 | 17,60 | 19,50 | 1,90 |
| 75 | 17,70 | 19,70 | 2,00 |
| 80 | 17,90 | 20,00 | 2,10 |
| 85 | 18,00 | 20,30 | 2,30 |
| 90 | 18,10 | 20,60 | 2,50 |
| 95 | 18,20 | 20,80 | 2,60 |
| 100 | 18,30 | 21,00 | 2,70 |
| 105 | 18,30 | 21,10 | 2,80 |
| 110 | 18,30 | 21,20 | 2,90 |
| 115 | 18,30 | 21,30 | 3,00 |
| 120 | 18,40 | 21,40 | 3,00 |

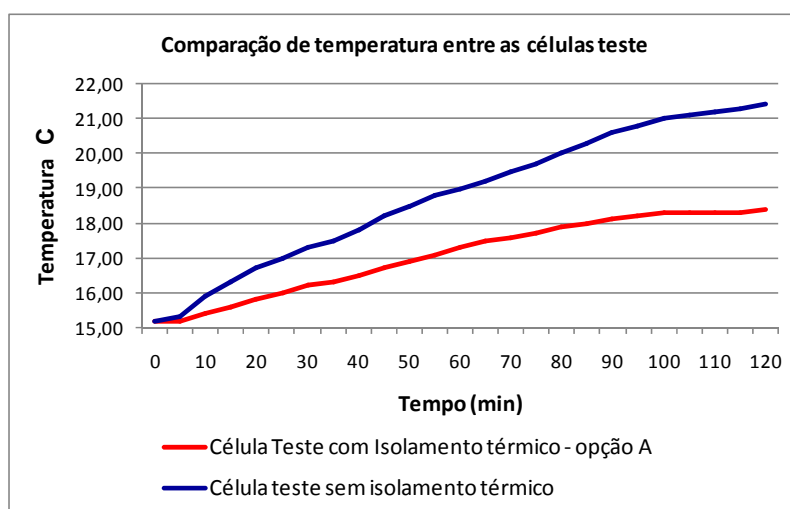


Figura 3: Comparação de temperatura entre a célula teste com isolamento térmico e sem isolamento térmico

**OPÇÃO 2**

As medições de temperatura obtidas do monitoramento das células teste quando utilizado o isolamento com uma camada de embalagens Tetra Pak com as embalagens abertas e a face aluminizada voltada para baixo sob a telha de uma das células teste encontram-se expressos na tabela a seguir. A figura 4 ilustra a diferença de temperatura entre a célula teste com isolamento e a célula teste sem o isolamento térmico.

Tabela 2: Medições de temperatura nas duas células teste para a opção 2

| TEMPO (min) | Temperatura célula com isolamento (°C) | Temperatura célula sem isolamento (°C) | Diferença (°C) |
|-------------|--|--|----------------|
| 0 | 22,00 | 22,00 | 0,00 |
| 5 | 22,30 | 23,10 | 0,80 |
| 10 | 22,30 | 23,50 | 1,20 |
| 15 | 22,40 | 23,80 | 1,40 |
| 20 | 22,50 | 24,20 | 1,70 |
| 25 | 22,50 | 24,40 | 1,90 |
| 30 | 22,60 | 24,70 | 2,10 |
| 35 | 22,70 | 25,00 | 2,30 |
| 40 | 22,90 | 25,30 | 2,40 |
| 45 | 23,00 | 25,50 | 2,50 |
| 50 | 23,10 | 25,70 | 2,60 |
| 55 | 23,20 | 25,90 | 2,70 |
| 60 | 23,30 | 26,00 | 2,70 |
| 65 | 23,30 | 26,10 | 2,80 |
| 70 | 23,50 | 26,30 | 2,80 |
| 75 | 23,60 | 26,50 | 2,90 |
| 80 | 23,80 | 26,70 | 2,90 |
| 85 | 23,90 | 26,80 | 2,90 |
| 90 | 24,00 | 26,90 | 2,90 |
| 95 | 24,10 | 27,00 | 2,90 |
| 100 | 24,20 | 27,10 | 2,90 |
| 105 | 24,30 | 27,10 | 2,80 |
| 110 | 24,30 | 27,10 | 2,80 |
| 115 | 24,40 | 27,20 | 2,80 |
| 120 | 24,40 | 27,20 | 2,80 |

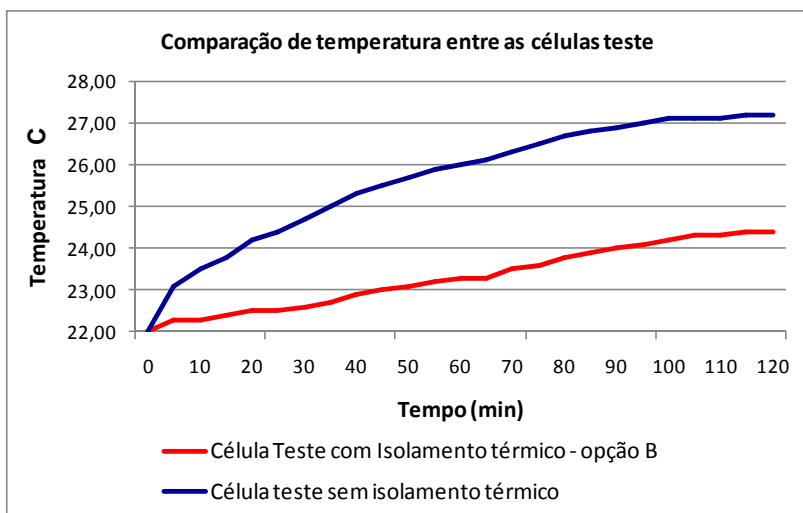


Figura 4: Comparação de temperatura entre a célula teste com isolamento térmico e sem isolamento térmico

OPÇÃO 3

As medições de temperatura obtidas do monitoramento das células teste quando utilizado o isolamento com Uma camada de embalagens Tetra Pak com as embalagens abertas e a face aluminizada voltada para cima sob a telha de uma das células teste encontram-se expressos na Tabela 3. A Figura 5 ilustra a diferença de temperatura entre a célula teste com isolamento e a célula teste sem o isolamento térmico.

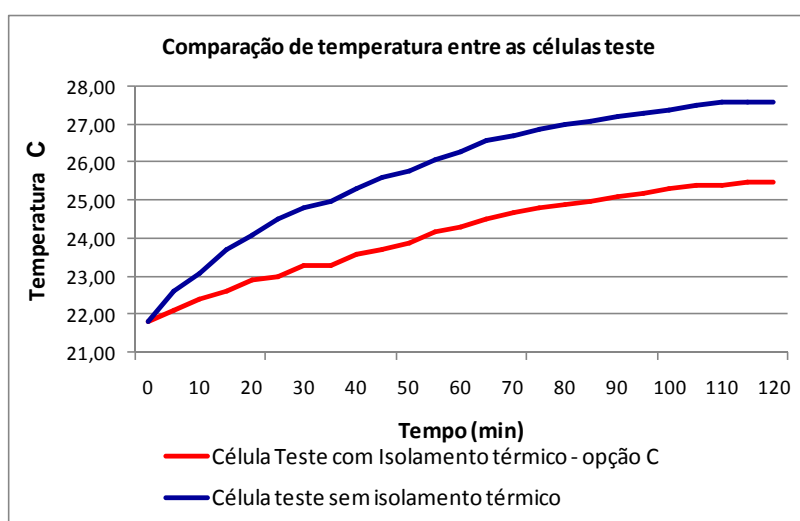


Figura 5: Comparação de temperatura entre a célula teste com isolamento térmico e sem isolamento térmico

**Tabela 3: Medições de temperatura nas duas células teste para a opção C**

| TEMPO (min) | Temperatura célula com isolamento (°C) | Temperatura célula sem isolamento (°C) | Diferença (°C) |
|-------------|--|--|----------------|
| 0 | 21,80 | 21,80 | 0,00 |
| 5 | 22,10 | 22,60 | 0,50 |
| 10 | 22,40 | 23,10 | 0,70 |
| 15 | 22,60 | 23,70 | 1,10 |
| 20 | 22,90 | 24,10 | 1,20 |
| 25 | 23,00 | 24,50 | 1,50 |
| 30 | 23,30 | 24,80 | 1,50 |
| 35 | 23,30 | 25,00 | 1,70 |
| 40 | 23,60 | 25,30 | 1,70 |
| 45 | 23,70 | 25,60 | 1,90 |
| 50 | 23,90 | 25,80 | 1,90 |
| 55 | 24,20 | 26,10 | 1,90 |
| 60 | 24,30 | 26,30 | 2,00 |
| 65 | 24,50 | 26,60 | 2,10 |
| 70 | 24,70 | 26,70 | 2,00 |
| 75 | 24,80 | 26,90 | 2,10 |
| 80 | 24,90 | 27,00 | 2,10 |
| 85 | 25,00 | 27,10 | 2,10 |
| 90 | 25,10 | 27,20 | 2,10 |
| 95 | 25,20 | 27,30 | 2,10 |
| 100 | 25,30 | 27,40 | 2,10 |
| 105 | 25,40 | 27,50 | 2,10 |
| 110 | 25,40 | 27,60 | 2,20 |
| 115 | 25,50 | 27,60 | 2,10 |
| 120 | 25,50 | 27,60 | 2,10 |

OPÇÃO 4

As medições de temperatura obtidas do monitoramento das células teste quando utilizado o isolamento com uma placa de isopor de 1 cm de espessura sob a telha de uma das células teste encontram-se expressos na tabela a seguir. A Figura 6 ilustra a diferença de temperatura entre a célula teste com isolamento e a célula teste sem o isolamento térmico.



Tabela 4: Medições de temperatura nas duas células teste para a opção 5

| TEMPO (min) | Temperatura célula com isolamento (°C) | Temperatura célula sem isolamento (°C) | Diferença (°C) |
|-------------|--|--|----------------|
| 0 | 20,40 | 20,40 | 0,00 |
| 5 | 21,40 | 21,70 | 0,30 |
| 10 | 21,80 | 22,40 | 0,60 |
| 15 | 22,00 | 22,80 | 0,80 |
| 20 | 22,20 | 23,20 | 1,00 |
| 25 | 22,40 | 23,50 | 1,10 |
| 30 | 22,70 | 23,90 | 1,20 |
| 35 | 22,70 | 24,00 | 1,30 |
| 40 | 22,90 | 24,20 | 1,30 |
| 45 | 23,00 | 24,50 | 1,50 |
| 50 | 23,10 | 24,60 | 1,50 |
| 55 | 23,20 | 24,80 | 1,60 |
| 60 | 23,30 | 24,90 | 1,60 |
| 65 | 23,30 | 25,00 | 1,70 |
| 70 | 23,40 | 25,10 | 1,70 |
| 75 | 23,40 | 25,10 | 1,70 |
| 80 | 23,50 | 25,20 | 1,70 |
| 85 | 23,50 | 25,30 | 1,80 |
| 90 | 23,50 | 25,30 | 1,80 |
| 95 | 23,50 | 25,30 | 1,80 |
| 100 | 23,50 | 25,30 | 1,80 |
| 105 | 23,60 | 25,40 | 1,80 |
| 110 | 23,60 | 25,40 | 1,80 |
| 115 | 23,60 | 25,40 | 1,80 |
| 120 | 23,60 | 25,50 | 1,90 |

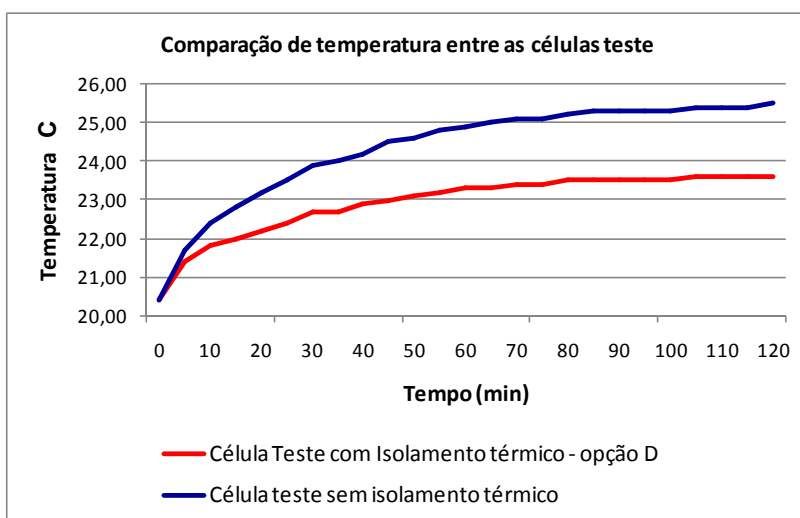


Figura 6: Comparação de temperatura entre a célula teste com isolamento térmico e sem isolamento térmico



OPÇÃO 5

As medições de temperatura obtidas do monitoramento das células teste quando utilizado o isolamento com uma camada de embalagens Tetra Pak com as embalagens fechadas e armadas sob a telha de uma das células teste encontram-se expressos na tabela a seguir.

O gráfico a seguir ilustra a diferença de temperatura entre a célula teste com isolamento e a célula teste sem o isolamento térmico. A Figura 7 ilustra a diferença de temperatura entre a célula teste com isolamento e a célula teste sem o isolamento térmico.

Tabela 5: Medições de temperatura nas duas células teste para a opção 5

| TEMPO (min) | Temperatura célula com isolamento (°C) | Temperatura célula sem isolamento (°C) | Diferença (°C) |
|-------------|--|--|----------------|
| 0 | 18,40 | 18,40 | 0,00 |
| 5 | 18,40 | 19,60 | 1,20 |
| 10 | 18,40 | 19,80 | 1,40 |
| 15 | 18,50 | 20,10 | 1,60 |
| 20 | 18,50 | 20,50 | 2,00 |
| 25 | 18,50 | 20,80 | 2,30 |
| 30 | 18,60 | 21,10 | 2,50 |
| 35 | 18,60 | 21,40 | 2,80 |
| 40 | 18,60 | 21,60 | 3,00 |
| 45 | 18,60 | 22,00 | 3,40 |
| 50 | 18,60 | 22,10 | 3,50 |
| 55 | 18,70 | 22,30 | 3,60 |
| 60 | 18,70 | 22,50 | 3,80 |
| 65 | 18,70 | 22,60 | 3,90 |
| 70 | 18,80 | 22,70 | 3,90 |
| 75 | 18,80 | 22,80 | 4,00 |
| 80 | 18,80 | 23,00 | 4,20 |
| 85 | 18,90 | 23,20 | 4,30 |
| 90 | 18,90 | 23,40 | 4,50 |
| 95 | 19,00 | 23,50 | 4,50 |
| 100 | 19,00 | 23,60 | 4,60 |
| 105 | 19,10 | 23,80 | 4,70 |
| 110 | 19,20 | 23,90 | 4,70 |
| 115 | 19,20 | 24,10 | 4,90 |
| 120 | 19,30 | 24,20 | 4,90 |

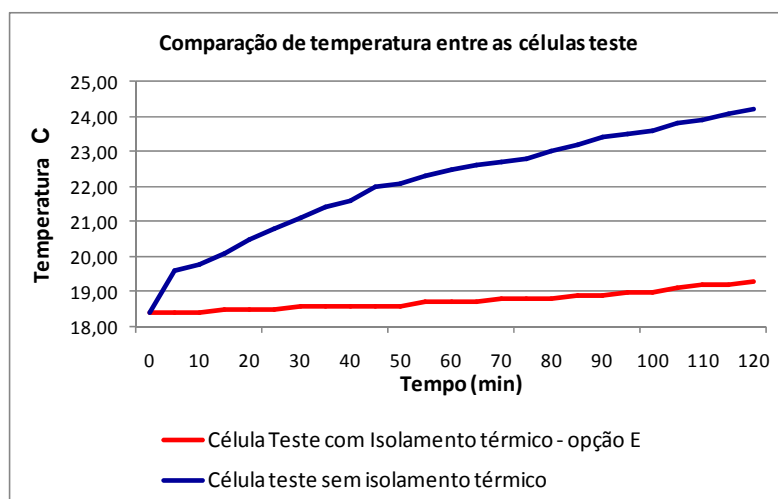


Figura 7: Comparação de temperatura entre a célula teste com isolamento térmico e sem isolamento térmico

CONCLUSÕES

Como se pôde perceber nos resultados obtidos, a opção 5 de isolamento com embalagens Tetra Pak fechadas e armadas foi a opção que obteve maior eficiência sendo que o aumento de temperatura no interior da célula teste com o isolamento foi de apenas 0,9°C enquanto na célula teste sem o isolamento térmico submetida às mesmas condições de aquecimento o aumento de temperatura no interior da célula chegou a 5,80°C, ou seja, 4,90°C a mais do que na célula com o isolamento. Este fato deve-se à presença da câmara de ar no interior da embalagem associado às características de baixa emissividade dos materiais constituintes das embalagens Tetra Pak principalmente do alumínio.

Para as embalagens Tetra Pak abertas, observou-se melhor desempenho térmico para as embalagens com a face aluminizada voltada para o interior da célula constatando-se diferença de temperatura entre esta célula teste e a célula teste sem isolamento de 2,8°C enquanto a diferença máxima obtida entre a célula teste com as embalagens abertas e a face aluminizada voltada para a telha e a célula teste sem isolamento foi de 2,10°C. De acordo com Labaki (2003) isso é coerente, pois no primeiro caso a baixa emissividade ocasiona um menor fluxo de calor para o interior, já no segundo caso com a face aluminizada voltada para a telha o efeito de baixa emissividade da embalagem acaba se perdendo, pois a parte voltada para o interior do ambiente (polietileno) tem alta emissividade.

A utilização do Poliestireno Expandido como isolante mostrou-se com um desempenho mediano quando comparado com as embalagens Tetra Pak sendo que o uso destas com a face aluminizada voltada para o interior da célula teste mostrou-se mais viável.

Quanto à utilização do Poliestireno Expandido juntamente com as embalagens Tetra Pak foi possível obter uma diferença de temperatura de 3,0°C, caracterizando uma boa associação.

Conclui-se, portanto que a utilização destes materiais reaproveitados como isolantes térmicos de coberturas apresenta grande eficiência e pode melhorar de maneira significativa o conforto térmico de edificações. Além disso, os materiais pesquisados apresentam baixo custo e sua reutilização pode contribuir para o aumento da vida útil dos materiais e consequente melhoria do meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMBIENTE BRASIL. Isopor (Poliestireno Expandido – EPS). Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&conteudo=../docs/residuos/isopor.html>>. Acessado em: 02 maio de 2008
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO. O que é EPS. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/01OqueeEPS.html>>. Acessado em: 02 de maio de 2008



3. INSTITUTO AKATU. Rede Varejista aposta na reciclagem. Disponível em: <<http://www.akatu.org.br>>. Acessado em: 02 de maio de 2008a
4. INSTITUTO AKATU. Volume do isopor dificulta reciclagem e satura aterros. Disponível em: <<http://www.akatu.org.br>>. Acessado em: 02 de maio de 2008b
5. KRÜGER E. L.; SUETAKE G.Y.; ADRIAZOLA M.K.O. Comparação do desempenho térmico de coberturas constituídas de embalagens tetra pak com manta reflexiva e placas de EPS. In: ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. 11., 2006, Florianópolis. Anais...Florianópolis: 2006. p.476 – 483.
6. LABAKI, L.C.; OLIVEIRA M.C.; CIOCHI F.A. A reutilização de embalagens tipo “Longa Vida como isolante térmico para coberturas de fibrocimento sem forro. In: ENECS – ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3., 2003, São Carlos.
7. TESSARI, Janaina. Utilização de Poliestireno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos pela Construção Civil. 2006. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

AGRADECIMENTO

À Unochapecó (CCAA, CETEC e Coordenação do Mestrado) pelo apoio financeiro para participação no congresso.