DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA DO TETRA PAK PARA FINS DE APLICAÇÃO COMO BARREIRA RADIANTE

Luciane Cleonice Durante (1); Ivan Julio Apolonio Callejas (2); Fernanda Marques Botelho Aredes (3); Fabiani Dalla Rosa Barbosa (4)
(1) Doutora, Engenheira Civil, luciane.durante@ufmt.br, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa 2365, Cuiabá/MT, (65)99983-9757
(2) Prof. Doutor em Física Ambiental, Mestre em Engenharia Civil, ivancallejas1973@gmail.com, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa 2365, Cuiabá/MT, (65)98422-0314
(3) Estudante de graduação em Arquitetura e Urbanismo, fernandambaredes@gmail.com, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa 2365, Cuiabá/MT, (31) 99788-4885
(4) Engenheira Civil, Mestre em Geotecnia, fabiani.barbosa@ufmt.br, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa 2365, Cuiabá/MT, (65)99280-7756

RESUMO
As possibilidades de promover isolamento térmico em construções consistem em utilização de massa térmica, de materiais leves em camadas sobrepostas e de barreiras radiantes. Observou-se que existem diversos estudos que abordam a utilização de embalagens do tipo Tetra Pak para executar a função de barreira radiante. Porém, não foram encontrados dados de propriedades térmicas desse material. Diante disso, o objetivo deste artigo é determinar a propriedade de condutividade térmica da embalagens do tipo Tetra Pak, para fins de aplicação em subcoberturas. A metodologia apresenta uma abordagem quantitativa, sendo uma pesquisa exploratória e produzida a partir de técnicas experimentais. Os resultados trazem os valores do material estudado e servem de subsídios para realização de pesquisas futuras sobre o tema, contribuindo para a demonstração de seu elevado potencial de isolamento, baixo custo, fácil acesso e sustentabilidade.

Palavras-chave: isolamento térmico, estratégias bioclimáticas, coberturas.

ABSTRACT
The possibilities of promoting thermal insulation in buildings consist of the use of thermal mass, lightweight materials in superimposed layers and radiant barriers. It was observed that there are several studies that address the use of Tetra Pak packaging to perform the radiant barrier function. However, data on the thermal properties of this material were not found. Thus, the objective of this article is to is to determine the thermal conductivity property of Tetra Pak packages, for purposes of application in sub-coverings. The methodology presents a quantitative approach, being exploratory research and produced from experimental techniques. The results bring the values of the material studied and serve as subsidies for future research on the subject, contributing to the demonstration of its high potential for isolation, low cost, easy access and sustainability.

Keywords: thermal insulation, bioclimatic strategies, coverings.

1. INTRODUÇÃO

Em 1952 foi criada a embalagem do tipo Tetra Pak que tem a capacidade de prolongar a duração e a qualidade dos alimentos nela armazenados, sendo, por isso, denominada “Longa Vida” ou “Tetra Pak”, que atualmente é abundantemente usada no mundo todo (MICHELS, 2007). Em termos ambientais, sua decomposição, após o consumo dos alimentos, é difícil, contribuindo para o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos. Porém, possui elevado potencial de reciclagem e reuso, sendo um deles em edificações, para exercer a função de isolamento térmico, quando aplicada sobreposta às paredes e coberturas. Nesse tipo de aplicação, a embalagem Tetra Pak não precisa de separação de suas camadas, apenas do desmonte da caixa e, colagem de umas sobre as outras, se assim for especificado. Esse uso ainda é pouco recorrente, mas se apresenta como uma solução barata e viável para isolamento térmico, além de ser uma solução térmica que reduz os impactos ambientais (MICHELS, 2007; SANTOS, 2019).

O isolamento térmico proporcionado pela Tetra Pak se dá pelo efeito de barreira radiante da camada de alumínio que a compõe. A barreira radiante funciona como redutor de transferência de calor por radiação, uma vez que um dos materiais da embalagem possui alta refletividade e baixa emissividade, reduzindo assim, a transmissão da radiação, como relatado por Michels (2007). As embalagens Tetra Pak possuem superfícies refletoras que podem retardar ou até mesmo bloquear a radiação solar, a partir de suas características como baixa absortividade e emissividade. Devido a isso, pode contribuir para a melhoria da sensação de desconforto térmico em ambientes internos, tanto para frio quanto para calor (CAVALCANTI, 2001).

Diversos autores têm estudado sobre o uso do material em edificações. Labaki et al. (2003) estudou a aplicação da caixa de leite Tetra Pak em forros, formando uma camada de ar de 6,2 cm de espessura, e das embalagens abertas, com a face refletora voltada para cima e para baixo. Foram construídas duas câmaras de madeira iguais, com telhas de fibrocimento, aquecidas por cinco lâmpadas incandescentes de 100W cada. Uma delas foi mantida sem forro e, na outra, foram aplicados os três tipos de barreira como forro. Os resultados mostraram que o forro com as caixas de leite fechadas, resultaram em maior eficiência, com diferença média de temperatura entre as câmaras de 3,24°C, seguida pela manta com a face aluminizada voltada para baixo (2,30 °C) e pela manta aluminizada voltada para cima (1,89 °C). Os autores descreveram que o melhor desempenho térmico das caixas de leite foi alcançado devido à presença de ar dentro das embalagens (colchão de ar), que proporcionou maior resistência térmica à passagem do calor. A eficiência obtida pelo segundo caso, decorre da redução do fluxo de calor provocada pela superfície de baixa emissividade estar voltada para baixo. O pior desempenho foi atingido em função da face de baixa emissividade estar voltada para cima. Schmutzler (2001) corrobora com Labaki et al. (2003) em relação ao posicionamento das mantas com o alumínio voltado para baixo, gerando um resultado superior ao forro produzido com a face de alumínio para cima.

Nessa perspectiva, verificou-se que o enfoque dos estudos sobre essa temática se dá na aplicação do Tetra Pak em diversos tipos de edificação, acompanhada de monitoramento de seu desempenho térmico, comparando resultados com e sem o isolamento proporcionado, tais como em Schmutzler (2001), Labaki et al. (2003), Cavalcanti (2001), dentre outros. Ou seja, os estudos se referem à medição da temperatura nos ambientes para fins de comparação, sem e com o uso das embalagens de Tetra Pak como forro ou, até mesmo, unidas às paredes da edificação.

Sobre a embalagem Tetra Pak foram encontradas informações como a espessura do alumínio das camadas que compõem a embalagem (MICHELS, 2007), além de valores do calor específico de cada um dos materiais de sua composição (SEBBEN, SILVA e CUNHA, 2020) e a condutividade de telhas recicladas produzidas a partir do Tetra Pak (CUNHA e SICHIERI, 2014). Diante desse contexto, sendo o foco deste estudo a identificação da condutividade térmica do Tetra Pak, realizou-se uma busca na plataforma ScienceDirect, utilizando as palavras-chave “tetra pak AND transmitance”, obtendo-se 267 resultados amplos. Ao buscar “tetra pak AND thermal conductivity" e “long life packaging AND thermal conductivity AND radiant barrier”, foram encontrados apenas trabalhos que não condizem com o foco de busca. Também em contato com um fabricante, a resposta obtida é de que os dados das condutividades térmicas não são disponíveis. Sendo assim, não foram encontradas pesquisas anteriores que apresentem seu valor, bem como das demais mantas pesquisadas, o que justifica a realização deste estudo.

A contribuição se dá no fato de que os resultados podem subsidiar estudos futuros, servindo como dado de entrada para estudos sobre o desempenho desses materiais.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar comparativamente a condutividade térmica da embalagem Tetra Pak e de duas barreiras radiantes comercialmente disponíveis: a manta aluminizada dupla face com recheio em plástico bolha e a manta aluminizada uma face com isolamento em poliuretano. visando a aplicação em subcoberturas.

3. MÉTODO

Este estudo se classifica quanto ao tipo de abordagem, como quantitativa; quanto ao seu objetivo, como pesquisa exploratória, uma vez que prepara o terreno para novos estudos a partir do estudo de um fenômeno; quanto às técnicas, como experimental, uma vez que se manipulou pelo menos uma variável a fim de descobrir como os fatos ocorrem.

A pesquisa se baseou na realização de medições de condutividade térmica de amostras do material Tetra Pak, que possui propriedades de barreira radiante, sendo composto pela junção de seis camadas de alumínio, polietileno e papel (Figura 1). Utilizaram-se embalagens de leite, que foram abertas e recortadas para constituir as amostras dos materiais. Descartaram-se o fundo e a parte superior das embalagens, sendo as partes laterais coladas umas sobre as outras, formando camada tripla, com as faces refletivas das duas camadas externas voltadas para cima e para baixo (Figura 2). Assim, essas amostras constituem-se de três camadas de Tetra Pak e o material amostrado é doravante denominado Tetra Pak.

Camadas:
1 – Polietileno: proteção para o produto
2 – Papel: estabilidade e resistência
3 – Polietileno: camada de aderência
4 – Alumínio: barreira contra aroma e luz
5 – Polietileno: camada de aderência
6 – Polietileno: proteção para o produto

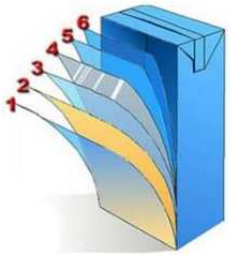


Figura 1 - Especificação das camadas que compõem a embalagem Tetra Pak. Fonte: https://receitatodahora.com.br/

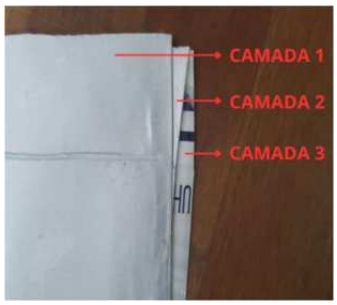


Figura 2 - Amostra Tetra Pak, constituída por três camadas sobrepostas das laterais das caixas de leite coladas umas sobre as outras, sendo as camadas externas com as faces refletivas voltada para fora.

Também foram estudadas a manta aluminizada dupla face com recheio em plástico bolha, constituída por camadas de alumínio em ambas as faces, unidas por plástico bolha (Figuras 3 e 4) e, a manta aluminizada uma face com isolamento em poliuretano, constituída por uma camada em alumínio em uma de suas faces, unida a uma camada de poliuretano (Figuras 4 e 5).

As espessuras das amostras Tetra Pak foram medidas com auxílio de um paquímetro, sendo a espessura média de 2,27 mm ± 0,0986 mm (Tabela 1). Da mesma forma, foram obtidas as espessuras das amostras de manta aluminizada uma face com isolamento em poliuretano e de manta aluminizada dupla face com recheio em plástico bolha, com valores de 5,12 e 3,5mm, respectivamente.

As medições de condutividade térmica foram realizadas pelo aparelho medidor de condutividade térmica, modelo ISOMET 2114, marca Applied Precision (Figura 7), que permite a determinação das propriedades térmicas relativas à condutividade térmica (em W/mK) e capacidade térmica volumétrica (em J/m³K) (transformado para calor específico). O equipamento foi previamente calibrado com um material de referência de condutividade térmica conhecida.



Figura 3 - Vista frontal da manta aluminizada dupla face com recheio em plástico bolha



Figura 4 - Vista lateral da manta aluminizada dupla face com recheio em plástico bolha



Figura 5 - Vista frontal da manta aluminizada uma face com isolamento em poliuretano



Figura 6 - Vista lateral da manta aluminizada uma face com isolamento em poliuretano

Tabela 1 - Espessuras obtidas referentes às amostras com tripla camada Tetra Pak

Amostra	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Espessura (mm)	2,12	2,23	2,23	2,32	2,33	2,4
Descrição	Tetra Pak, constituída por três camadas sobrepostas das laterais das caixas de leite coladas umas sobre as outras, sendo as camadas externas com as faces refletivas voltada para fora				Manta aluminizada dupla face com recheio em plástico bolha	Manta aluminizada uma face com isolamento em poliuretano

O princípio de medição é baseado na análise da resposta de temperatura do material sob pulsos de fluxo de calor induzidos pelo aquecimento elétrico de um aquecedor resistivo inserido na sonda de superfície que está em contato térmico com a amostra em teste. A faixa de medição da condutividade térmica de 0,015 a 0,7 W/mK tem precisão de 5% e a de 0,7 a 6 W/mK, de 10%, ambas em faixa de temperatura ambiente de -20 a +70 °C (± 1 °C). As amostras devem ter diâmetro mínimo de 60mm. A decisão pela confecção das amostras em tripla camada relaciona-se com testes de sensibilidade realizados no equipamento, que não registra espessuras menores que 2 mm e, também, pela expectativa de melhor desempenho e maior possibilidade de destinação do Tetra Pak para reuso em edificações.



Figura 7 - Equipamento ISOMET 2114, marca Applied Precision

Quatro medições foram realizadas para cada amostra: triplo empilhamento Tetra Pak, manta aluminizada dupla face com recheio em plástico bolha e manta aluminizada uma face com isolamento em poliuretano.

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2004) e a NBR 15575 (ABNT, 2021), considerando que o fluxo de calor depende da espessura do material, a condutividade térmica, por si só, não representa a amostra de melhor desempenho. Assim, cabe definir a resistência térmica como a propriedade de um material de resistir à passagem do calor. Quanto maior a espessura de um material, maior é a resistência que oferece à passagem de calor. Por analogia, quanto maior for a condutividade térmica de um material, maior é a quantidade de calor transferida entre suas duas superfícies e, menor a resistência térmica. A resistência térmica (R, em m²K/W) é definida pela Equação 1, onde é a espessura do material (em metros) e λ a condutividade térmica (em W/mK).

$$R = \frac{e}{\lambda} \qquad \text{Equação 1}$$

O inverso da resistência de um material é a transmitância térmica. A transmitância térmica (U, em m²K/W) é calculada por meio da Equação 2, onde R é resistência térmica (em m²K/W).

$$U = \frac{1}{R} \qquad \text{Equação 2}$$

A transmitância térmica é a mais importante variável para avaliação de desempenho de fechamentos opacos por meio da qual se pode avaliar o comportamento deste material frente à transmissão de calor e estabelecer comparações entre os materiais estudados.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Os resultados obtidos em cada uma das amostras são apresentados nas Figuras 8 e 9. A menor condutividade térmica foi obtida na amostra de manta aluminizada uma face com isolamento em poliuretano (0,155 ± 0,01W/mK), manta aluminizada dupla face com recheio em plástico bolha (0,5602 ± 0,0023 W/mK) e triplo empilhamento de amostra Tetra Pak (0,6105 ± 0,0084 W/mK). Ao se considerar a espessura das amostras para avaliação de seus comportamentos frente ao fluxo de calor, tem-se a transmitância térmica, cuja análise permite afirmar que as amostras que proporcionam maior isolamento térmico, em ordem crescente, são a manta aluminizada uma face com isolamento em poliuretano (0,0304 W/m²K), seguida pela triplo empilhamento da amostra Tetrapak (0,0896 W/m²K), duplo empilhamento de amostra Tetra Pak (0,1182 W/m²K) e manta aluminizada dupla face com recheio em plástico bolha (0,1601 W/m²K) (Figura 9).

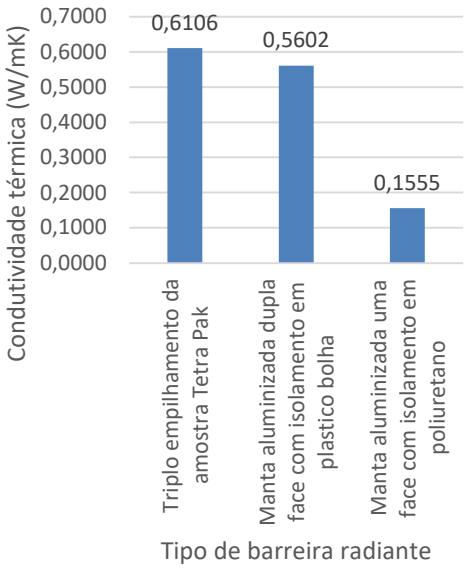


Figura 8 - Condutividade térmica das amostras

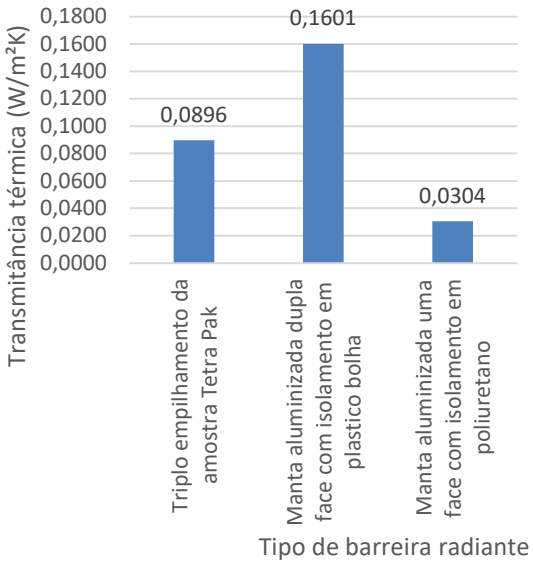


Figura 9 - Transmitância térmica das amostras

Em termos de ganhos de calor, o reuso das embalagens de Tetra Pak evidenciou um desempenho intermediário entre as mantas - uma face aluminizadas com isolamento em poliuretano e dupla face aluminizada com recheio em plástico bolha, disponíveis comercialmente. Embora, a abordagem do custo não

seja o objetivo deste artigo, sendo reciclável e de fácil acesso, pode-se afirmar que sua aplicação se constitui de uma alternativa de baixo custo.

5.CONCLUSÕES

Após a busca por informações sobre valores da condutividade térmica de embalagens Tetra Pak, constatou-se que não há registro anterior sobre esse dado, apesar de sua aplicação como barreira radiante ser amplamente abordada. O mesmo aconteceu para as duas outras mantas pesquisadas. Diante disso, não é possível comparar os valores obtidos com referências de fabricantes ou de publicações científicas anteriores.

Os materiais que proporcionam maior isolamento térmico, em ordem decrescente, são a manta aluminizada uma face com isolamento em poliuretano (0,0304 W/m²K), seguida pela triplo empilhamento da amostra Tetrapak (0,0896 W/m²K), duplo empilhamento de amostra Tetra Pak (0,1182 W/m²K) e manta aluminizada dupla face com recheio em plástico bolha (0,1601 W/m²K).

Evidencia-se, assim, o potencial de reuso das embalagens Tetra Pak para a função de isolamento térmico em edificações.

5. ETAPAS FUTURAS

A próxima etapa do trabalho é monitorar o desempenho de uma edificação sem e com aplicação de subcobertura do material com triplo empilhamento de amostras de Tetra Pak. A edificação possui ventilação natural e se destina aos usos de um laboratório de solos, em uma instituição de ensino superior. Pretende-se analisar o impacto da implementação do material isolado e em conjunto com a instalação de exaustores eólicos.

Os resultados consolidados finais auxiliarão na compreensão do desempenho térmico da edificação, ao verificar a influência das estratégias bioclimáticas adotadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. Edificações habitacionais — Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

CAVALCANTI, M. A. V. Análise da influência de superfícies reflexivas nas perdas de calor de sistemas térmicos. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal: Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), 2011.

CUNHA, E. C.; SICHIERI, E. P. Placas recicladas de embalagens longa vida: caracterização, design e propostas projetuais. São Carlos: XV ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014.

LABAKI, Lucila Chebel. OLIVEIRA, Marilela Cristina Ayres de. CIOCHI, Fabio Alves. A reutilização de embalagens tipo "longa vida" como isolante térmico para coberturas de fibrocimento sem forro. Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. São Carlos, SP: ENECS, 2003.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: ProLivros, 2004.

MICHELS, Caren. Análise da transferência de calor em coberturas com barreiras radiantes. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Florianópolis: Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFSC, 2007.

SANTOS, A. R. C. Avaliação da emissividade de embalagens cartonadas por termografia e modelagem computacional. Universidade de Cuiabá, Cuiabá: Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), 2019.

SCHMUTZLER, L. O. F. Projeto "Forro Vida Longa". UNICAMP: Faculdade de Engenharia Mecânica, 2001

SEBBEN, T.; LEITZKE, R. K.; MACIEL, T. dos S.; SILVA, T. L. da; CUNHA, E. G. da; RIBEIRO, L. A. Desempenho térmico de habitação emergencial por simulação evolutiva. São Paulo: PARC Pesq. em Arquit. e Constr., Campinas, 2022.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT (processo FAPEMAT-PRO-2022/01047) pelo apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.