RESISTÊNCIA TÉRMICA DE CAVIDADES DE AR HORIZONTAIS E FECHADAS PARA APLICAÇÕES EM EDIFICAÇÕES[1]

GHÜTS, S., Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: saulo@lmpt.ufsc.br; GHÜTS, G. L., Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: guilhermeguths@hotmail.com ; MICHELS, C., Universidade Federal do Amazonas, e-mail: carenmichels@yahoo.com

ABSTRACT

It is known that the greatest heat gain in ground-level buildings is due to the roof, so the use of radiant barriers is being increasingly diffused in civil engineering in order to minimize the heat flow through the covering system. However, there is still no technical normalization that addresses the issue, so there are products that appear in the market without actually presenting a low emissivity, although they have characteristic of a radiant barrier. The tests commonly performed to qualify such products often lack outstanding properties of the samples, to rectify these inaccuracies it is proposed to reformulate the methods of experimentation. When applying the concept of Equivalent Thermal Resistance the ability to measure a much higher degree of parity is obtained in relation to the actual cases of application.

Keywords: *Heat Flux. Emissivity. Thermal resistance.*

1 INTRODUÇÃO

Uma das grandes preocupações evidenciadas nos últimos anos relaciona-se a quantidade de energia consumida para proporcionar conforto térmico em edificações.

Uma parcela significativa dessa energia decorre em consequência da transferência de calor pela cobertura das edificações, cuja quantidade depende de vários fatores, como o material dos elementos que compõem a cobertura os quais conferem uma resistência térmica.

O valor-R (R-value) mostra a eficácia do isolamento térmico e este valor varia com o tipo do material, com a espessura e com a densidade do produto. Em alguns países, como os Estados Unidos, todos os produtos isolantes por condução apresentam esse valor escrito na embalagem, facilitando a escolha pelo consumidor.

O isolamento por reflexão dificulta a passagem do calor por radiação, geralmente é produzido em alumínio aderido a um material que proporcione resistência mecânica e/ou que aumente a resistência térmica total do produto. Grande parte da radiação infravermelha é refletida pela superfície aluminizada, além de emitir pouco do calor que é conduzido através dele. Desta forma o isolamento reflexivo garante eficácia contra a transferência de calor por radiação (RIMA-I), 2014).

[1] GÜTHS, S., GÜTHS, G. L., MICHELS, C. Resistência térmica de cavidades de ar horizontais e fechadas para aplicações em edificações.. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

SABER realizou diversos estudos (SABER, 2012, 2013, 2014a, 2014b) no qual avaliou a resistência térmica de uma cavidade de ar horizontal ao alterar o sentido do fluxo de calor, a espessura das cavidades de ar, a influência exercida ao adicionar um material no meio da cavidade de ar (a emissividade efetiva do material variou de 0,03 a 0,82), a temperatura média e a diferença de temperatura. O autor comparou seus resultados com os apresentados na Tabela 3 do capítulo 26 da ASHRAE (ASHRAE FUNDAMENTALS HANDBOOK, 2009). Os resultados comprovaram a eficácia das barreiras radiantes diante a finalidade de redução da transmissão de calor para o interior da edificação. Este fato ocorre devido ao fato de que a baixa emissividade das superfícies da amostra impede a transferência de calor por radiação.

A fim de analisar diferentes métodos de aplicação de barreiras radiantes, foram realizados ensaios com embasamento teórico apoiados a concepção da Resistencia Térmica Equivalente de um sistema, buscando afirmar este conceito por meio de padronização nos ensaios e confirmações com os modelos teóricos.

2 METODOLOGIA

2.1 Modelo Teórico

Resistência térmica de um material está associada à dificuldade deste em transferir calor. Para calcular a resistência térmica total através da convecção e da radiação em cavidades retangulares foram utilizadas correlações para os casos exemplificados pelas figuras 1 e 2. O cálculo da resistência térmica foi realizado pela razão da diferença de temperatura e o somatório do fluxo de calor (Equação 1).

Figura 1: Resistencia Térmica sem aplicação de uma barreira radiante.

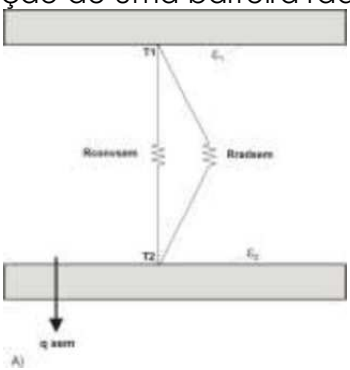
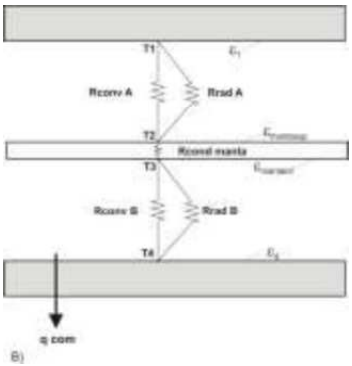


Figura 2: Resistencia Térmica ao aplicar uma barreira radiante.



Fonte: Os autores

A Resistencia Térmica Equivalente (R_{eq}) mostra a eficácia do isolamento térmico. Este valor varia com o tipo do material, com a espessura e com a emissividade do produto. As equações abaixo descrevem os métodos matemáticos utilizados para calcular a resistência térmica equivalente:

$$R_{tot_{sem}} = \frac{T1 - T2}{q_{tot_{sem}}} \quad (01)$$

$$R_{tot_{com}} = R_{esp_{sup}} + R_{man} + R_{esp_{inf}} \quad (02)$$

$$R_{eq} = R_{tot_{com}} - R_{tot_{sem}} \quad (03)$$

2.2 Medições em Laboratório

Os ensaios ocorreram no núcleo de medições do Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E) e no Laboratório de Meios Porosos e Termofísicos (LMPT), ambos situados na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

2.2.1 O Condutivímetro Térmico

O condutivimetro de calor FOX 314 é um instrumento preciso para medições de condutividade térmica de acordo com as normas ASTM C518 (2015) e ISO 8301 (2010). Operando em configurações independentes ou controlado por PC, o condutivimetro apresenta transdutores de fluxo de calor, medições de espessura digital e controle de temperatura responsivo.

Avaliou-se o efeito da inserção de materiais com emissividades das superfícies de 0,90 e de 0,05 na resistência térmica da cavidade de ar do conditivímetro térmico.

3 RESULTADOS

3.1 Instalação de uma Barreira Radiante na Cavidade de ar do Condutivímetro Térmico

Este ensaio mostrou que a simples inserção de uma manta, a qual divide a espessura da cavidade de ar em duas cavidades foi capaz de aumentar a resistência térmica para ambos os sentidos de fluxo de calor, conforme mostram as Figuras 3, 4, 5 e 6. A resistência térmica da cavidade de ar para fluxo descendente sem a presença de uma manta foi de 0,18 m²K/W. Quando foi inserido uma manta com emissividade de 0,90 nas duas faces, a resistência térmica foi de aproximadamente 0,35 m²K/W e com a aplicação de um material de baixa emissividade a resistência térmica aumentou para aproximadamente 1,60 m²K/W.

Figura 3: Manta com emissividade de 0,9 nas duas faces – fluxo descendente

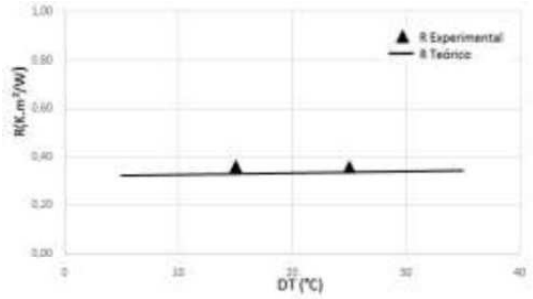
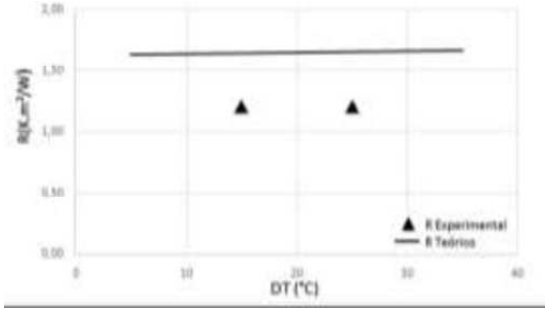


Figura 4: Manta com emissividade de 0,05 nas duas faces - fluxo descendente



Fonte: Os autores

Figura 5: Manta com emissividade de 0,9 nas duas faces – fluxo ascendente

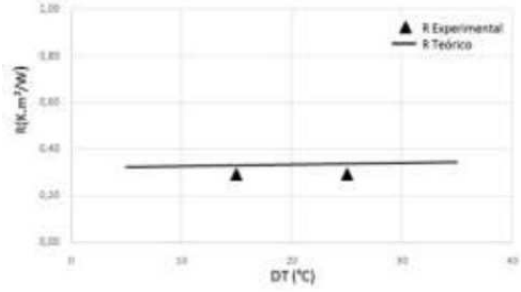
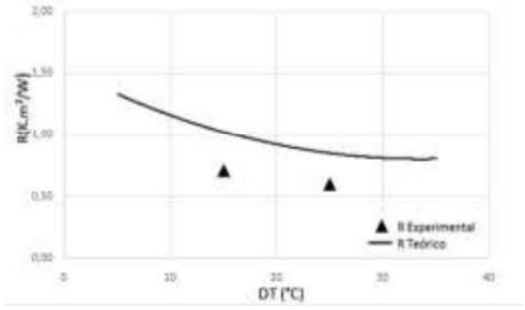


Figura 6: Manta com emissividade 0,05 nas duas faces – fluxo ascendente



Fonte: Os autores

Analisou-se também se o lado para o qual a face aluminizada está voltada na cavidade de ar tem influência na resistência térmica total da cavidade. O resultado está mostrado nas Figuras 7, 8, 9 e 10.

Percebeu-se que o lado para o qual a face aluminizada está voltada pouco interfere na resistência térmica total. Isso corrobora a indicação de instalar barreiras radiantes com a face brilhante voltada para baixo, reduzindo o problema de envelhecimento devido à deposição de poeira.

Figura 7: Baixa emissividade da face inferior da manta – fluxo descendente

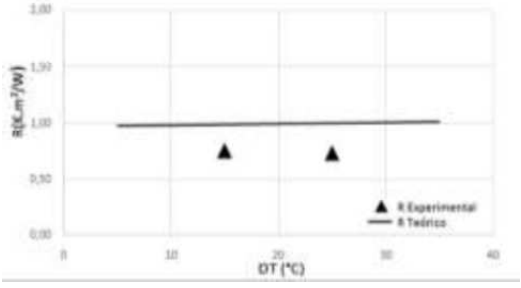
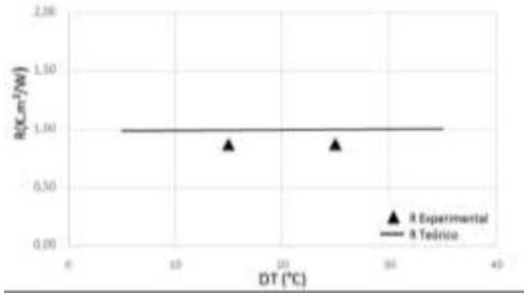


Figura 8: Baixa emissividade da face superior da manta – fluxo descendente



Fonte: Os autores

Figura 9: Baixa emissividade da face inferior da manta – fluxo ascendente

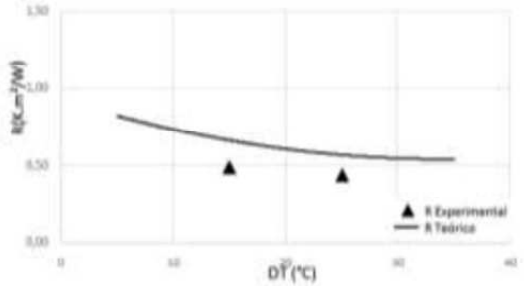
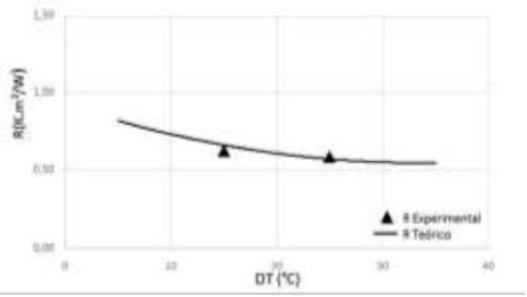


Figura 10: Baixa emissividade da face superior da manta – fluxo ascendente



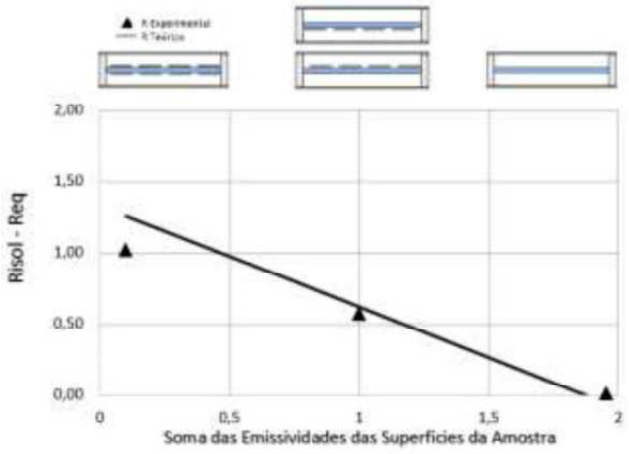
Fonte: Os autores

3.6 Resistência Térmica Equivalente

Quando se insere um isolamento térmico em um sistema que anteriormente era formado por somente uma cavidade de ar, a resistência térmica total do sistema é a soma das resistências térmicas do ar e do isolamento, logo, o isolamento tende a aumentar a resistência térmica total. Esse "acréscimo" na resistência térmica proporcionada pelo isolamento será chamado de resistência térmica equivalente.

Resultados experimentais e resultantes do modelo matemático podem ser vistos na Figura 11. A resistência térmica do isolante foi medida em ensaios no condutivímetro sob as mesmas condições para efetuar a comparação com a resistência térmica equivalente. Observou-se que se quando a emissividade das superfícies da amostra são altas a diferença entre a resistência térmica isolante e a resistência térmica equivalente tende a ser nula, isso porque não há o efeito da troca de calor por radiação. Portanto a Figura 11 permite mensurar o efeito que a radiação infere na resistência térmica da amostra ao alterar as emissividades das superfícies da amostra.

Figura 11: R isolante – R equivalente x Soma das Emissividade das Superfícies da Amostra, EPS de 10mm suspenso entre superfícies negras, Fluxo Descendente.

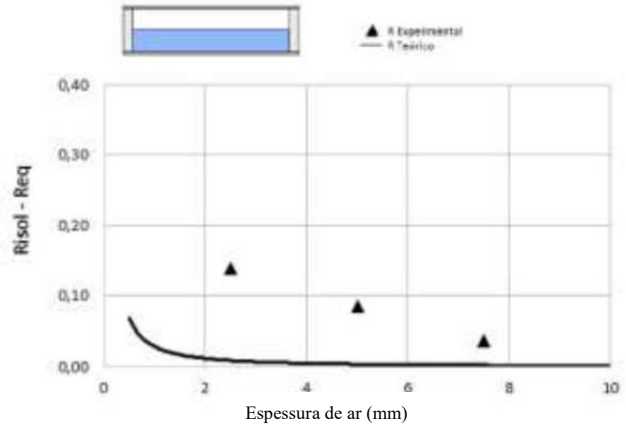


Fonte: Os autores

Avaliou-se a influência do aumento da espessura da camada de ar restante na diferença entre o Resistencia Térmica Isolante e a Resistencia Térmica Equivalente do sistema. Foram estabelecidas condições padrão para o ensaio: a temperatura média gerada foi de 32,5°C, a variação de temperatura entre as placas do condutivímetro foi de 15°C, a emissividade das placas do condutivímetro foi de 0,95, o fluxo de calor gerado foi descendente, sendo que a amostra é uma placa de EPS de 25mm sob uma camada de ar. Resultados experimentais e resultantes do modelo matemático podem ser vistos na Figura 12.

É notável que a resistência térmica equivalente apresentou maior variação em relação a resistência térmica isolante para as espessuras menores, na medida em que se aumenta a espessura de ar sobre a amostra a diferença entre essas resistências térmicas apresentou tendência a estagnação. Propõe-se padronizar a espessura das camadas de ar acrescidas em 50mm.

Figura 12: R isolante – R equivalente x Espessura de ar restante, EPS de 25mm entre superfícies negras, Fluxo Descendente.



Fonte: Os autores

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante a todas as experimentações realizadas no condutivímetro térmico foi possível reconhecer a eficácia das barreiras radiantes na coibição da transferência de calor por radiação, por conseguinte reduzindo o fluxo total de calor que atravessa o sistema isolante. Os erros percentuais encontrados ao equiparar tais resultados com curvas teóricas impostas pelos modelos matemáticos adotados podem ser explicados pela ocorrência de fugas laterais.

Um modelo de ensaio padrão no condutivímetro térmico foi definido: Aplica-se uma diferença de temperatura de 15°C a temperatura média de 32,5°C, mantendo as emissividades das superfícies geradoras de calor do condutivímetro em 0,95 e a inclinação do aparato perpendicular ao vetor fluxo de calor, podendo variar seu sentido apenas.

Esta mesma normalização é proposta para ensaios onde é desejado avaliar a resistência térmica de barreiras radiantes, contudo acrescenta-se camadas de ar superior e/ou inferiormente à amostra para incluir as variâncias ocorrentes devido as alterações na transferência de calor por radiação, tais camadas acrescidas devem ter espessura maior ou igual a 50mm com o intuito de minimizar o erro entre o Risol e o Req. Após a coleta de dados se emprega o conceito de Resistência Térmica Equivalente para assim encontrar a real resistência térmica oferecida pela barreira radiante.

Conclui-se que é possível ensaiar materiais de baixa emissividade sem desprezar características exclusivas de barreiras radiantes ao aplicar o conceito de Resistência Térmica Equivalente e obter resultados que se enquadram perante exigências de receptibilidade e correspondência com modelos teóricos.

REFERÊNCIAS

ASHRAE FUNDAMENTALS HANDBOOK. **Chapter 26: heat, air, and moisture control in building assemblies— material properties.**, 2009.

ASTM American Society for Testing and Materials **C518-15:** Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter ApparatusASTM International, 2015.

ISO International Organization for Standardization **8301:1991.** Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Heat flow meter apparatus, 2010.

REFLECTIVE INSULATION MANUFACTURERS ASSOCIATION INTERNATIONAL (RIMA-I). **Understanding and Using Reflective Insulation, Radiant Barriers and Radiation Control Coatings**Lenexa, Kansas, USAReflective Insulation Manufacturers Association International (RIMA-I), , 2014.

SABER, H. H. Investigation of thermal performance of reflective insulations for different applications. **Building and Environment**, v. 52, p. 32–44, 2012.

SABER, H. H. Practical correlations for thermal resistance of horizontal enclosed airspaces with upward heat flow for building applications. **Building and Environment**, v. 61, p. 169–187, 2013.

SABER, H. H. Practical correlation for thermal resistance of horizontal enclosed airspaces with downward heat flow for building applications. **Journal of Building Physics**, v. 37 (4), p. 403–435, 2014a.

SABER, H. H. Practical correlation for thermal resistance of horizontal enclosed airspaces with downward heat flow for building applications. **Building and Environment**, v. 37 (4), p. 403–435, 2014b.