

MEDIÇÕES DE FLUXO DE CALOR EM PAINÉIS DE MADEIRA EMPREGADOS EM PROTÓTIPOS PARA VEDAÇÃO DE PAREDES

KRÜGER, Eduardo L. (1); ADRIAZOLA, Marcia K.O. (2); SUZUKI, Eimi V. (3).

(1) Prof. Dr., Departamento Construção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR,
Av. Sete de Setembro, 3165. Curitiba, PR. Fone: +(41) 3310-4725 - E-mail: ekrueger@utfpr.edu.br

(2) Profa., Mestre, Doutoranda, Departamento de Construção Civil. UTFPR
E-mail: mkeiko@utfpr.edu.br

(3) Acad., Bolsista PIBIC, Curso de Engenharia da Produção Civil. UTFPR
E-mail: veri.suzuki@gmail.com

RESUMO

A construção de habitações em madeira ainda sofre preconceitos tanto por parte de seus usuários como também dos profissionais ligados à área da construção. Este fato pode ser motivado por questões culturais e pelo desconhecimento das reais características técnicas deste material. A madeira é um material de construção facilmente renovável e se apresenta como uma alternativa para suprir o déficit habitacional brasileiro. O uso adequado de painéis compostos laminados ou compostos particulados de madeira como elementos construtivos pode contribuir para o aproveitamento racional e integral da madeira resultando, ainda, na melhoria do desempenho de habitações em madeira. Este trabalho tem como objetivo estudar o fluxo de calor que atravessa os painéis de madeira empregados em protótipos para vedações de paredes. O estudo utiliza cinco tipos de painéis de madeira: painel “Wall” (da Eternit); compensado; aglomerado; painel OSB (*Oriented Strand Board*); e painel de cimento-madeira. Faz-se uma comparação entre o fluxo térmico que atravessa paredes com alvenaria de blocos cerâmicos com os dos painéis de madeira. Para tanto, adotou-se 6 células teste com 1m³ de volume interno, medindo-se o fluxo térmico com um fluxímetro desenvolvido pelo Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas (LMPT/UFSC).

Palavras-Chave: Fluxo Térmico, Monitoramento Térmico, Painéis de Madeira.

ABSTRACT

Wood houses are still stigmatized in Brazil as having a low quality and providing unacceptable (acoustic, thermal and structural) performance. This fact is due to cultural preferences and also to unawareness of technical characteristics of such constructions. On the other hand, Brazil has a high agricultural and foresting potential. The adequate use of wood and plywood building systems as building elements could contribute to rationally take advantage of such potential, as wood is a renewable material and a possible alternative to meet the huge demand for new homes. The purpose of the present paper is to analyze the heat flux obtained through different wood and plywood panels of small-scale test cells of 1m×1m×1m of internal volume in Curitiba, Brazil (latitude 25.5°S, elevation 917m above sea level), characterized by a subtropical climate with high daily and annual amplitudes of the air temperature. Altogether five different wood and plywood test cells were built and tested during the winter and spring, 2007: double-faced cement panels with internal layer of plywood; plywood board; agglomerated wood board; OSB panel (*Oriented Strand Board*); and wood-cement board. Reference material for comparisons was a prototype made with ordinary ceramic bricks, plastered on both sides. Air temperature measurements were carried out with data-loggers, heat flux plates were attached to an exposed north facade of each test cell, while solar radiation was measured with an experimental solarimeter.

Keywords: Heat flux, Thermal Monitoring, Wood and Plywood panels.

1. INTRODUÇÃO

Há no Brasil uma enorme deficiência no que diz respeito à habitação de interesse social. Segundo a Fundação João Pinheiro (FJP, 2005) essa carência refere-se também as condições precárias de domicílios rústicos existentes. Neste tipo de habitação há um sério risco de contaminação por doenças, além de não haver garantia de condições mínimas de conforto.

O conforto térmico, apesar de ser um item importante no desempenho humano tem sido deixado em segundo plano no planejamento de habitação social. Segundo Akutsu et al. (1987), isto faz com que apareçam problemas físicos e psicológicos aos seus ocupantes. Em alguns casos, resulta também em aumento no consumo de energia elétrica pelos moradores de forma a garantir uma temperatura interna mais agradável.

Aliar o desenvolvimento sustentável a questões de maior adaptação local, como condições climáticas, é um dos objetivos da chamada tecnologia apropriada. O criador deste termo, Schumacher (1973) enfatiza quatro critérios: pequeno, simples, barato e pacífico. A tecnologia apropriada, no nosso entender, não se deve restringir a critérios apenas técnicos, mas deve também conter critérios sociais e ambientais.

A utilização racional da madeira deve levar a uma produção mais equilibrada nos reflorestamentos e também ao menor desperdício deste material. Segundo Tsoumis (1991), dois terços do volume total de madeira são desperdiçados no corte nas madeireiras, gerando resíduos. Nas indústrias de papel aproximadamente 50% do volume total de madeira são inutilizados. Resíduo este que é muitas vezes jogado na natureza sem um tratamento prévio. Este mesmo resíduo tem sido usado na fabricação de painéis de compensado, OSB, aglomerado, entre outros, com boa aplicação em habitações populares, em canteiros de obras e em outras situações. Daí a relevância do estudo, com a crescente utilização desses painéis em obras civis.

A construção em madeira, principalmente no sul do Brasil, é parte da tradição cultural construtiva da região. No entanto, com a entrada de novos materiais no mercado da construção civil, habitações em madeira passaram a ser estigmatizadas e vistas como habitação temporária ou até mesmo precária. Em busca da desmistificação desse preconceito, pesquisas vêm sendo realizadas, avaliando e muitas vezes comprovando a eficiência de habitações em madeira do ponto de vista térmico. Podemos citar o trabalho realizado por Laroca (2007), no qual uma habitação térrea construída em madeira de reflorestamento foi submetida a monitoramento térmico e simulada para diversas condições climáticas do sul do Brasil, mostrando razoável desempenho.

Considerando que as edificações brasileiras, em geral de baixa massa térmica, sofrem grande influência dos elementos climáticos, a determinação do desempenho de materiais, com relação à sua capacidade em reter ou transmitir calor se faz necessária para a aplicação dos resultados como suporte didático na formação de arquitetos e engenheiros e auxílio aos profissionais ligados à área de projetos arquitetônicos, de maneira que estes possam elaborar projetos melhores e mais eficientes.

Esta proposta vem de encontro a essa desmistificação das habitações em madeira, avaliando tipologias de painéis diferenciadas, em geral adotadas internamente como divisórias, porém passíveis de serem aplicadas como material de vedação em edificações leves. A pesquisa se relaciona à avaliação do desempenho térmico desses painéis, neste artigo caracterizando-se suas propriedades de resistência e condutividade térmicas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A transmissão de calor por condução obedece à lei de Fourier, segundo a qual o fluxo térmico é diretamente proporcional à superfície através da qual se dá a passagem de calor e ao gradiente de temperatura superficial, quando existente (COSTA, 1999). O fluxo térmico é, neste caso, a quantidade de calor trocada através do processo de condução, por unidade de tempo.

O coeficiente de condutividade do material, nas trocas por condução, dado em $W/m^{\circ}C$, é um coeficiente de proporcionalidade da equação da transmissão por condução e representa a taxa de agitação molecular através do material no processo de condução de calor. Uma definição mais precisa do coeficiente de condutividade térmica baseia-se na “taxa de fluxo de calor (fluxo de energia por unidade de tempo) através de uma unidade de área de uma unidade de espessura e do material, quando há diferença unitária de temperatura entre ambas as faces do material” (KOENIGSBERGER et al., 1980).

A resistividade térmica é o inverso desta quantidade e também uma propriedade do material, sendo a resistência térmica de um elemento construtivo de determinada espessura calculada como o produto dessa espessura e a resistividade térmica do material.

Dentro do escopo da norma da ABNT, sob o título geral “Desempenho térmico de edificações”, são duas as partes que tratam de medições de fluxo térmico:

- Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida (Projeto 02:135.07-001/4);
- Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico (Projeto 02:135.07-001/5).

A parte 4 da norma de desempenho estabelece o método de determinação, em regime permanente, da resistência térmica e da condutividade térmica de materiais sólidos, usando-se uma aparelhagem denominada placa quente protegida. O método, no caso, se aplica para a medição, em regime permanente, da resistência térmica e da condutividade térmica de materiais sólidos ou granulares, compactados ou não.

A parte 5 apresenta o método de utilização de técnicas fluximétricas para medir a resistência térmica em regime estacionário através de corpos-de-prova na forma de placas planas, podendo-se deduzir por cálculo a condutividade térmica, caso os corpos-de-prova sejam constituídos de material homogêneo. O princípio adotado neste método baseia-se na medição da resistência térmica em regime permanente. Adota-se a seguinte sequência:

- a) aplicação de uma densidade de fluxo de calor constante e através da zona central de medição de um (ou dois) fluxímetro(s) e da zona central de um (ou dois) corpo(s)-de-prova em forma de placa(s);
- b) determinação da densidade de fluxo de calor atravessando o(s) corpo-de-prova(s) a partir do sinal (f.e.m.) fornecido pelo(s) fluxímetro(s) e da(s) constante(s) de calibração do(s) fluxímetro(s), após validação das condições de regime permanente; e
- c) cálculo da resistência térmica do(s) corpo-de-prova(s) pelo quociente da diferença de temperatura entre as faces do(s) corpo-de-prova(s) e da densidade de fluxo de calor.

Quanto ao fluxímetro, este compreende uma zona ativa, ou zona de medição, cercada de uma zona periférica servindo de suporte, com características térmicas similares. A parte ativa do fluxímetro é constituída de um sensor que produz um sinal (em geral f.e.m) proporcional à densidade de fluxo de calor que o atravessa. A lei de proporcionalidade, chamada curva de calibração, é normalmente função da temperatura do fluxímetro.

No presente artigo, apresentamos resultados de medições fluximétricas sob regime não-permanente, uma vez que os protótipos cujos painéis foram medidos estavam expostos naturalmente às condições climáticas locais. No caso em análise, verificamos a necessidade de caracterização dos painéis para verificação de sua adequação inclusive à norma de desempenho (Projeto 02:135.07-001/3 Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social), na qual um dos critérios se refere à constituição das paredes e coberturas (envelope térmico, representado por sua transmitância térmica, U^1 , em W/m^2).

¹ Dado em função da resistência térmica das paredes e cobertura somada às resistências superficiais externa e interna da lâmina de ar junto às superfícies do elemento construtivo e à resistência de câmaras de ar, quando for o caso.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O foco principal desta pesquisa foi verificar o fluxo de calor que atravessa diferentes painéis de madeira.

As seguintes etapas foram adotadas nas medições de fluxo de calor:

- Definição dos painéis a serem avaliados;
- Construção de protótipos com 1m³ de volume interno com vedações utilizando os quatro tipos de painel avaliados;
- Monitoramento in loco de temperaturas superficiais e do ar, internas e externas, e do fluxo de calor que atravessa a parede norte de cada protótipo avaliado, sob condições dinâmicas de exposição ao longo de um dia;
- Análise dos dados, cálculo da resistência e condutividade térmica resultantes.

Definição dos painéis a serem avaliados

Para este estudo, foram analisados os seguintes painéis:

- Painéis de cimento-madeira – fabricados no Laboratório de Tecnologia da Madeira;
- Painéis de compensado – painéis doados pela Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI;
- Painéis de aglomerado – painéis doados pela empresa Berneck;
- Painéis OSB – painéis doados pela empresa Masisa;
- Painéis Wall – painéis com duas faces de placas cimentícias e o interior com enchimento em compensado, doados pela empresa Eternit.

Foi realizado, também, o monitoramento de um protótipo em alvenaria de tijolos cerâmicos vazados, rebocado interna e externamente, para servir de comparação com os protótipos com vedação em painéis de madeira. Essa comparação, porém, restringiu-se apenas às condições de temperatura nos protótipos.

Construção dos Protótipos

Os protótipos foram construídos em terreno pertencente à Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Curitiba, localizado no Bairro Ecoville. Os protótipos, com volume interno de 1m × 1m × 1m (Figura 1), utilizam os materiais supracitados como paredes. As paredes e cobertura foram pintadas externamente de branco, sendo a cobertura de fibrocimento, tipo ondulada, com 6mm de espessura, isolada com manta interna (sob as telhas) feita com o reaproveitamento de embalagens de leite Tetra Pak, com a face aluminizada voltada para baixo (Foto 1). O uso da manta teve como objetivo minimizar a influência da cobertura no desempenho térmico dos protótipos (KRÜGER et al., 2005; JAHNKE, 2006). Os protótipos em escala reduzida foram dispostos lado a lado, com espaçamento razoável de modo a se evitar sombreamentos, em eixo aproximadamente leste-oeste.

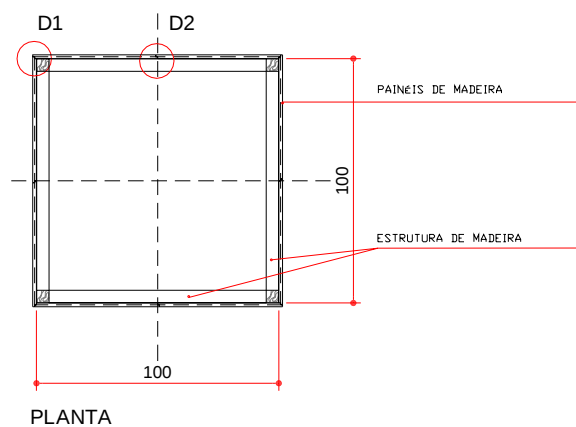


Figura 1 – Planta dos protótipos

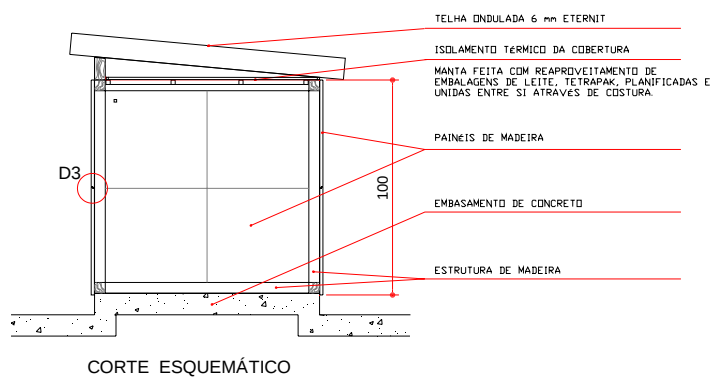


Figura 2 – Corte dos protótipos



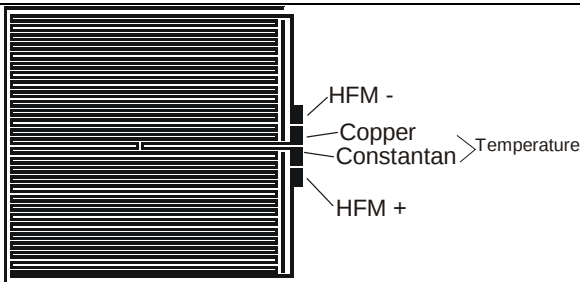
Foto 1 – Uso de manta feita com reaproveitamento de embalagens do tipo Tetra Pak



Foto 2 – Foto aérea com a visão geral dos protótipos. Os protótipos com painéis de madeira analisados são os da esquerda, o protótipo assinalado a direita é o de alvenaria de blocos cerâmicos

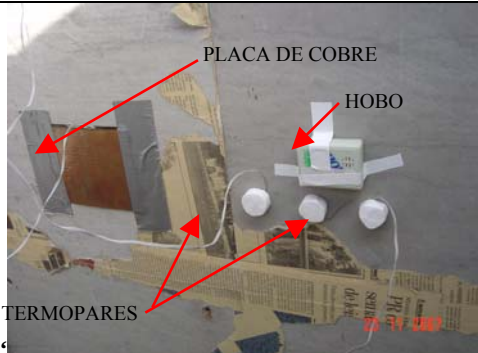
Levantamento de Dados: Monitoramento

O equipamento utilizado para a determinação das taxas de transferência de calor para cada tipo de painel utilizado nos protótipos foi o transdutor de fluxo de calor a gradiente tangencial, construído no Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Físicas de Materiais – LMPT, da Universidade Federal de Santa Catarina. Os transdutores são placas planas de espessura reduzida (Foto 3; Figura 3), colocadas junto à superfície onde se deseja efetuar a medida do fluxo de calor. No caso dos protótipos, as placas foram colocadas na região central da parede de vedação com orientação norte. Para obtenção dos dados foi utilizado o software AQUIS (software de aquisição de sinais em tensão e via porta paralela). Posteriormente, esses dados puderam ser visualizados e trabalhados em ambiente Excel através do software CLIMUS AQUIS (software para aquisição pela porta paralela).

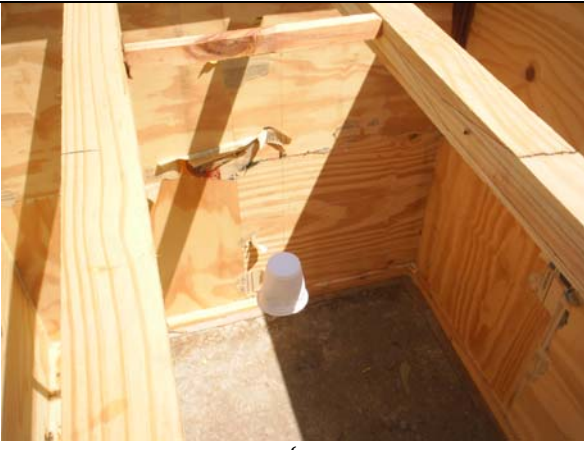
	
Foto 3 – Placa de cobre plana que compõe o transdutor Fonte: LMPT/UFSC.	Figura 3 – Esquema de funcionamento da placa Fonte: LMPT/UFSC.

As placas de cobre do transdutor de fluxo de calor foram fixadas externa e internamente como indicado nas Fotos 4 e 5. A placa externa recebeu acabamento em pintura como na face externa do protótipo (tinta acrílica branca) e a fita adesiva usada também foi na cor branca. A placa interna foi mantida em sua cor natural. Simultaneamente, foram realizadas medições das temperaturas superficiais com termopares fixados aos painéis por rodela de isopor ($\varnothing = 2,00$ cm) com cola de silicone, de maneira que o termopares se posicionasse no centro e a cola no perímetro do círculo. Estas precauções foram tomadas para que a

temperatura registrada sofresse a menor influência da temperatura ambiente e auferisse mais fidedignamente a temperatura superficial dos materiais de vedação.

	
Foto 4 – Colocação da placa do transdutor do lado externo do protótipo	Foto 5 – Colocação da placa do transdutor do lado interno do protótipo

Além do uso do transdutor de fluxo de calor e dos termopares, foram utilizados aparelhos registradores (*data loggers*) de temperatura e umidade relativa do ar do tipo HOB0, modelo H08-003-02. Foram utilizados 4 aparelhos: um fixado na parte externa e outro na parte interna da parede (Fotos 4 e 5) e os outros dois para medição da temperatura ambiente interna e externa. Neste caso, os HOBOS foram protegidos, com uma película de papel alumínio e um copo de plástico, evitando-se possíveis condensações de umidade do ar e da chuva. O HOB0 para medição da temperatura externa foi ainda colocado dentro de um tubo de PVC, fixado a um suporte metálico (Fotos 6 e 7).

	
Foto 6 – HOB0 para medição da temperatura externa do protótipo	Foto 7 – HOB0 para medição da temperatura interna do protótipo

À medida que as medições foram sendo realizadas, observou-se que a temperatura superficial poderia ser considerada somente pela medição do termopar, uma vez que não havia diferenças significativas entre os dados obtidos com a medição do HOB0 e os dados obtidos com os termopares.

As medições foram realizadas em dias diferentes, porém num mesmo período (primavera de 2007) procurando-se escolher dias de céu claro:

- Painéis de cimento-madeira: 01 de novembro de 2007;
- Painéis OSB: 10 de novembro de 2007;
- Painéis de compensado: 21 de novembro de 2007;
- Painéis de aglomerado: 22 de novembro de 2007;
- Painéis Wall: 23 de novembro de 2007.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

De posse dos dados coletados e segundo o procedimento sugerido pela norma ABNT NBR 15220-5, calculou-se a resistência térmica a cada cinco minutos de intervalo de medição, determinando-se o quociente da diferença de temperatura superficial entre ambas as faces do painel e do fluxo térmico medido através do painel. A condutividade térmica foi então obtida a partir da razão entre a espessura de cada painel e a resistência térmica encontrada. De forma a padronizar os períodos de medição a serem considerados nos cálculos, os dados utilizados compreenderam o período das 9 às 14 horas. As Figuras 4 a 8 apresentam a resistência térmica obtida durante o período, para cada tipo de painel.

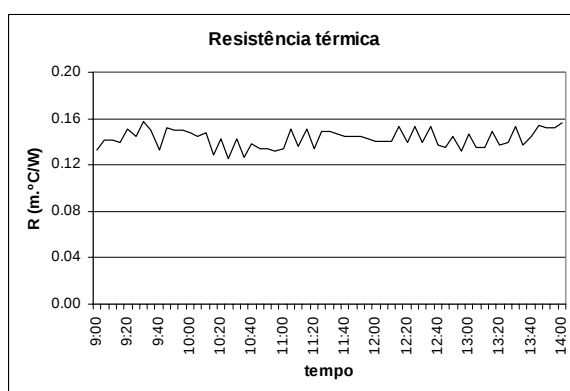


Figura 4 – Resistência térmica em m.²C/W para o painel de OSB

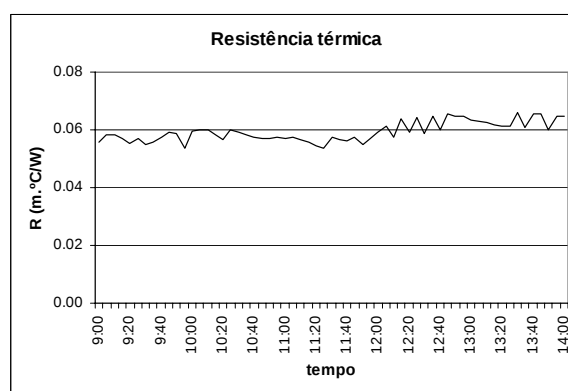


Figura 5 – Resistência térmica em m.²C/W para o painel de cimento-madeira

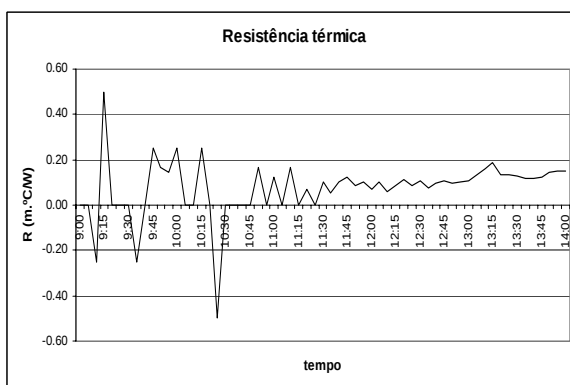


Figura 6 – Resistência térmica em m.²C/W para o painel de aglomerado

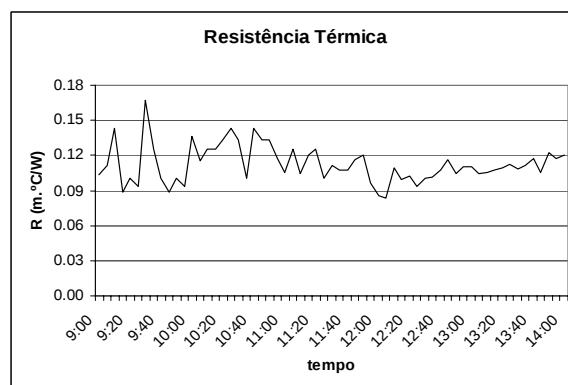
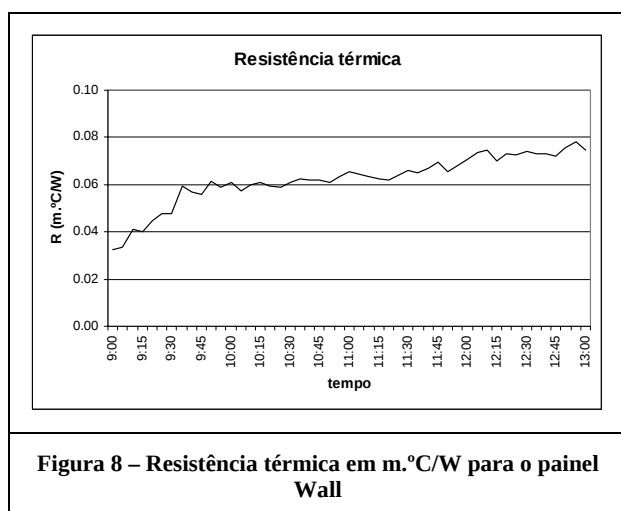


Figura 7 – Resistência térmica em m.²C/W para o painel de compensado



Por não se tratar de regime estacionário (condições reais de exposição –optamos realizar o ensaio sob condições não-estacionárias², uma vez que outra etapa do experimento envolveu medições de temperatura nos protótipos), verificou-se grande variação da resistência térmica durante o período de medição, sendo esta acentuada para o painel Wall, que possui as duas placas cimentícias de cobertura. No painel de aglomerado, houve inicialmente inversões no sentido do fluxo, o que acabou gerando resistências térmicas de valor negativo. No entanto, a partir de determinado horário, verificou-se certa estabilização dos valores medidos, possibilitando que se extraísse valores médios de resistência e condutividade térmica. Em termos de coeficiente de variação dos valores em torno de um valor médio (CV), os painéis de OSB e cimento-madeira apresentaram valores em torno de 5%, ou seja, com uma confiabilidade superior aos demais, que apresentaram CV acima de 10%, chegando a quase 30% no painel de aglomerado.

De modo a se verificar a consistência dos dados, traçou-se um gráfico relacionando-se a densidade de massa do material empregado à sua resistência (Figura 9). Apesar de não se tratar do mesmo tipo de madeira em cada painel e das diversas características constitutivas dos painéis, nota-se a relação esperada de aumento da resistência térmica com a diminuição da densidade do material.

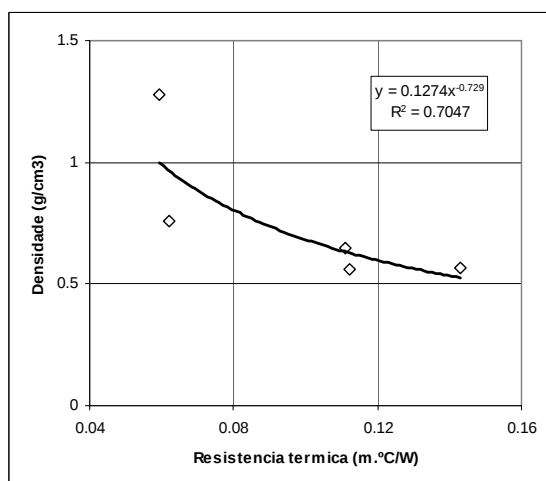


Figura 9 – Relação resistência térmica versus densidade de massa

² Apesar da não-concordância com a norma da ABNT (2005b), os resultados indicaram em alguns casos condições de razoável estabilidade nos fluxos térmicos.

Os dados obtidos foram analisados e comparados com valores disponíveis na literatura (Tabela 1).

TABELA 1 – Tabela de propriedades dos painéis utilizados, e propriedades tabeladas na Norma (espessura média e densidade das amostras medidas em laboratório)

<i>Painel utilizado</i>	<i>Espessura média (m)</i>	<i>Densidade média (kg/m³)</i>	<i>Densidade de referência (kg/m³) Norma NBR 15220-2</i>	<i>Resistência obtida (m².°C/W)</i>	<i>Condutividade obtida [W/(m°C)]</i>	<i>Condutividade de referência Norma NBR 15220-2 [W/(m°C)]</i>
<i>Wall</i>	0,040	760,96	850-1000 (aglomerado denso)	0,062	0,642	0,20 (aglomerado denso) ou 0,65 (considerando as placas de cimento amianto com densidade de massa entre 1400-1800kg/m³)
<i>Aglomerado</i>	0,016	646,77	650-750	0,111	0,140	0,17
<i>Compensado</i>	0,015	560,83	450-550	0,112	0,133	0,15
<i>Cimento Madeira</i>	0,017	1280,04	450-550	0,059	0,286	0,15
<i>OSB</i>	0,016	567,79	550-650	0,143	0,112	0,14

Algumas discrepâncias puderam ser observadas, em especial quanto às propriedades térmicas do painel em cimento-madeira. No entanto, neste caso, a densidade auferida foi superior aos valores encontrados na Norma NBR 15220-2. Uma comparação posterior aponta semelhanças com o valor da norma para condutividade da madeira pinus de alta densidade (0.23 W/m.K).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Procurou-se neste estudo caracterizar os painéis analisados em termos de sua resistência e condutividade térmicas. A partir de medições simultâneas de temperatura interna e externa nos protótipos, pretende-se avaliar seu desempenho térmico para, em seguida, se poder correlacionar desempenho e características termofísicas. Uma etapa posterior envolverá também a simulação dos painéis estudados, com sua aplicação em protótipo habitacional em madeira, comparativamente a adoção (comum a habitações sociais) da alvenaria de tijolos cerâmicos. A intenção é, desta forma, verificar o desempenho de painéis de madeira, comparativamente ao sistema construtivo tradicional.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa PIBIC. Ao Departamento de Engenharia Florestal da UFPR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2 - Desempenho térmico de edificações – Parte 2: métodos de cálculo da Transmitância Térmica, da Capacidade**

Térmica, do Atraso Térmico e do Fator Solar de elementos e componentes de Edificações. Rio de Janeiro, 2005a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro, 2005b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-4 - Desempenho térmico de edificações - Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida.** Rio de Janeiro, 2005b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-5 - Desempenho térmico de edificações - Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.** Rio de Janeiro, 2005b.

COSTA, E.C. **Física aplicada à construção.** São Paulo, Edgard Blücher: 1999.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil.** Centro de Estatística e Informações. 2. ed. - Belo Horizonte, 2005.

JAHNKE, K.A. **Análise do Desempenho Térmico de Painéis de Vedação e Mantas para Subcobertura com a Reutilização de Embalagens LV.** Florianópolis, 2006. 140 p. Dissertação, (Mestrado do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina.

KOENIGSBERGER, O.H.; INGERSOLL, T.G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S.V. **Manual of Tropical Housing and Building.** London, Longman, 1980.

KRÜGER, E.; SUETAKE, G.; ADRIAZOLA, M.K.O. Avaliação do Desempenho Térmico de Coberturas Constituídas de Embalagens Tetra Pak. In: VIII ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENCAC) E IV ENCONTRO LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ANTAC) - ENCAC 2005. **Anais...** Maceió, 2005. 1 CD-ROM.

LAROCA, C. **Desenvolvimento de protótipo de habitação social em madeira de reflorestamento e avaliação de desempenho termo-acústico.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná.

SCHUMACHER, E. F. **Small is beautiful.** Reino Unido: Vintage, 1993.

AKUTSU, M.; SATO, N.M.N.; PEDROSO, N.G. **Desempenho Térmico em edificações habitacionais e escolares** – Manual de procedimentos para avaliação. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. São Paulo, 1987.

TSOUMIS, G.T. **Science and Technology of Wood:** structure, properties, utilization. New York: Chapman & Hall, 1991.