



"DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE PRODUTOS DERIVADOS DA MADEIRA"

TELMA CRISTINA PICHIOLO DE CARVALHO - Aluna do Curso de Mestrado em Arquitetura na Escola de Engenharia de São Carlos - USP

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo a determinação experimental da condutividade térmica de sete tipos diferentes de chapas de produtos derivados da madeira e a comparação com dados de ensaios da literatura estrangeira. O método utilizado para a determinação da condutividade térmica dos produtos derivados da madeira foi o método do fio quente paralelo.

ABSTRACT

The experimental determinations of the thermal conductivity from different seven types of the wooden material boards and the comparison with test data from foreign literature are the objective of this work.

The method used for the determinations of thermal conductivity of the wooden materials was the parallel hot wire method.

I-INTRODUÇÃO

Estudos de materiais derivados da madeira começam a ser necessários para conhecer e melhorar a utilização destes materiais aumentando as opções de mercado.

Para melhor conhecer estes materiais, não é suficiente testar apenas o seu comportamento físico e mecânico, mas sim o seu comportamento térmico.

O presente trabalho trata da determinação experimental e análise de resultados de condutividade térmica de alguns tipos de chapas de madeira tais como: compensado naval, aglomerado de fibra, aglomerado revestido com tanino, compensado com revestimento plástico e chapa de fibra comparando com a condutividade térmica de alguns tipos de chapas da literatura estrangeira. O método utilizado para encontrar a condutividade térmica das chapas, foi o do fio quente paralelo.

2- CHAPA DE MADEIRA

2.1 - Conceito

TONISSI (1985), conceitua a chapa de madeira como um produto industrial, caracterizado pela espessura muito menor que a largura e o comprimento, obtido pela transformação da madeira natural, através de determinados processos, sendo mantidas as características consideradas importantes e acrescentadas outras, dando ao produto final condições de utilização muito interessantes, substituindo a madeira natural em muitos trabalhos com grande vantagem.

3- PRINCIPAIS TIPOS

Segundo TONISSI (1985), os principais tipos de chapas encontrados no mercado nacional, estão relacionados abaixo.

3.1- Chapa de Madeira Compensada

Finas lâminas de madeira, colada perpendicularmente entre si, em número ímpar. Esta perpendicularidade na colagem confere a chapa uma fabricação econômica, grande resistência, efeito estético e a obtenção de maiores áreas.

Os compensados são fabricados em dois tipos básicos: exterior e interior. O exterior é conhecido como a prova d'água, por ser o adesivo insolúvel em água, como por exemplo podemos citar o compensado naval.

O outro tipo é resistente à umidade, sendo o adesivo resistente à umidade do ar, mas não à água.

3.2- Chapa de Fibra de Madeira

Fabricada com madeira e materiais ligno-celulósicos com a ligação primária derivada do arranjo das fibras e suas propriedades adesivas inerentes.

De acordo com sua densidade as chapas podem ser classificadas em:

- Chapas Isolantes - Densidade de 400 Kg/m³
- Chapas Normais - Densidade de 400 a 900 Kg/m³
- Chapas Rígidas - Densidade de 900 a 1000 Kg/m³

As chapas de fibras podem receber tratamentos que melhorem as suas características, principalmente à umidade e ao fogo, sem perder suas características de resistência mecânica e de isolamento térmico.

3.3- Chapa de Partículas de Madeira (Aglomerado)

Fabricado com partículas de madeira ou outros materiais ligno-celulósicos, aglomerados com adesivos orgânicos, com ação do calor, da pressão, da umidade, de catalizadores, etc.

Os aglomerados por serem um material leve, podem ser revestidos por plásticos, lâminas de madeira, pinturas e outros, permitindo ampla utilização.

3.4- Chapas Diversas

3.4.1- Chapas de Sarrafos: Constituídas por miolo de peças longas de madeira maciça de pequena seção, chamados sarrafos, dispostas uma ao lado da outra, coladas, com lâminas externas em cada face.

3.4.2- Chapas de Madeira Mineralizada: Constituídas por um agregado celulósico - fitas longas e estreitas de madeira, por bagaço de cana, poãl de madeira e por um aglomerante mineral - cimento, gesso, podendo ter outros adesivos que melhorem as suas propriedades.

3.4.3- Papel e Papelão: São constituídas exclusivamente de celulose e alguns aditivos químicos.

4- CONDUTIVIDADE TÉRMICA.

A condução de calor nos materiais derivados da madeira, ocorre de maneira diferente do que na madeira sólida, depende da disposição dos elementos de madeira constituintes do material.

A disposição relativa das fibras em um feixe de fibras ou partículas, pode favorecer mais ou menos a formação de pontes de calor.

Como acontece nas madeiras, nos derivados o que oferece resistência ao fluxo de calor é o ar contido nos poros internos. Outros fatores que também são responsáveis pela diferenciação da condutividade térmica nas chapas, segundo UCHOA (1989) são: Temperatura, umidade, densidade, tipo de adesivos, etc.

4.1- Influência da Densidade

A densidade final das chapas, depende da espécie de madeira utilizada e do processo de fabricação.

De acordo com os dados encontrados na literatura estrangeira, se compararmos os compensados com madeira maciça de mesma densidade, os valores da condutividade térmica para ambos serão iguais, UCHÔA (1989).

Para os aglomerados que possuem uma estrutura muito modificada da sua estrutura original, possuem condutividade térmica bem menor se relacionarmos com a densidade da chapa.

As chapas de fibras apresentam uma estrutura muito diferente da madeira maciça havendo um tipo de quebra nos caminhos de condução de calor. Entre todas as chapas e a que apresenta menor condutividade para uma mesma densidade.

No caso dos compensados, alguns autores estrangeiros afirmam que não existe relação entre a condutividade térmica e a densidade da chapa, pois apresentam valores diferentes em função do número de camadas e tipos de colagem.

Estas são as citações encontradas na literatura estrangeira, não podemos esquecer que a condutividade térmica de cada chapa depende da produção, do tipo de adesivo e do número de camadas.

4.2- Influência da Umidade

O efeito da umidade nos derivados de madeira é semelhante ao produzido nas madeiras maciças, ou seja, para uma determinada temperatura, a condutividade térmica aumenta com o aumento do teor de umidade. A influência da umidade está intimamente ligada à temperatura da amostra.

4.3- Influência da Temperatura

A influência da temperatura na condutividade térmica é pequena, tanto nas chapas de partículas como nas chapas de fibras, quando o material se apresentar seco em estufa ou com pouca umidade. A temperatura começa realmente a ser importante em materiais com maiores teores de umidade no seu interior.

5- DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA

Existem vários métodos para se determinar a condutividade térmica dos materiais, os mais conhecidos são: método da sondã, método das placas quentes, métodos do fio quente cruzado e paralelo.

No nosso caso utilizamos o método do fio quente paralelo que consiste em um sistema com uma geração constante de calor, com a temperatura no interior do corpo de prova, aumentando com o passar do tempo.

5.1- Método do Fio Quente Paralelo

A montagem para a experimentação adotando o método do fio quente paralelo foi realizada no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, seguindo as indicações da norma "DIN 51046, Parte 2".

É a variação mais recente do método do fio quente que é baseado em uma "linha geradora de calor".

A medida do aumento da temperatura na amostra é realizada a uma certa distância do fio quente por um termopar colocado paralelamente a este.

Para esse método, NOGUEIRA (1989) diz que é permitida a realização dos ensaios em materiais com condutividade, até 25 W/m.K. Caracteriza-se por um método rápido e eficiente com a duração de aproximadamente de 30 minutos cada ensaio, sendo que a medição pode ser feita em madeira seca e úmida.

5.2- Montagem do Ensaio

LIMA (1989) relata que para a execução do ensaio, são necessários, quatro corpos de prova, sendo um arranjo de referência, onde é colocado um termopar e no outro arranjo, são colocados o termopar e o fio quente.

Para os ensaios foram confeccionados corpos de prova com as seguintes medidas aproximadas 2cm x 10cm x 20cm com face em contato bem plana e lisa

Os fios são colocados sobre ranhuras feitas com riscador, sendo que a destinada ao fio quente é localizada no centro e a destinada ao termopar, a 1,5cm. do fio quente * Os fios devem estar a uma distância maior que 3cm das extremidades para não ocorrer efeito da borda.

Os terminais dos termopares foram ligados diretamente ao S.A.D. (Sistema de Aquisição de Dados). Os termopares são do tipo T, cobre-constantan.

O fio quente é um fio de aço Kanthal A, de comprimento igual à maior dimensão do corpo de prova.

Este fio ; soldado em suas extremidades a dois fios condutores de cobre, ligados à fonte de corrente contínua. Os terminais do fio quente também são, ligados ao S.A.D.

Após a instalação dos fios quentes e sensor, foi colocada a parte superior do corpo de prova e promovido um ajuste perfeito das duas partes, utilizando placas metálicas e parafusos de aperto, tendo em vista evitar escorregamento dos corpos de prova, e garantir o bom contato entre as duas chapas de madeira.

Ao ser ligada a fonte, uma corrente percorre o fio quente, liberando certa quantidade de calor.

As temperaturas envolvem o corpo de prova radialmente em relação ao fio quente.

Os corpos de prova foram ensaiados a temperatura ambiente com umidade de equilíbrio ao ar. Como as condições do tempo são instáveis, a umidade da madeira oscila entre 8 a 12% para a cidade de São Carlos, sendo considerada esta umidade como "seca ao ar".

6- RESULTADOS OBTIDOS

Espécie	Variação da λ (W/m.K)	U(%)	Dens. aparente (Kg/m ³)	Espessura (mm)
Aglomerado	0,141-0,178 $\bar{\lambda}$ 0,160	12	728	18
Aglomerado com tanino	0,201-0,229 $\bar{\lambda}$ 0,213	12	730	20
Sarrafeado revestido de riga	0,123-0,267 $\bar{\lambda}$ 0,220	12	601	19
Compensado de virolas	0,213-0,277 $\bar{\lambda}$ 0,232	12	558	15
Compensado com revestimento plástico	0,207-0,266 $\bar{\lambda}$ 0,235	12	545	17
Compensado naval	0,223-0,278 $\bar{\lambda}$ 0,253	12	608	16
Chapa de fibra	0,283-0,298 $\bar{\lambda}$ 0,257	12	1077	27
Chapa de fibra	0,245-0,291 $\bar{\lambda}$ 0,261	12	1049	14

6.1- Resultados - Bibliografia Nacional e Estrangeira

Tabela 1

Espécie	Espessura (mm)	Massa Volumétrica aparente (Kg/m ³)	λ (W/m.K)
Aglomerado de partículas de madeira	28	618	0,147
	32	571	0,148
	19	627	0,148
	22	638	0,152
	22	727	0,152
	22	622	0,154
	25	746	0,154
	30	587	0,155
	22	688	0,155
	30	616	0,156
	36	584	0,158
	25	649	0,160
	25	725	0,160
	25	646	0,162
	28	595	0,163
	24	709	0,165
40	592	0,172	

Obs.: - Dados obtidos de aglomerados de partículas de madeira de Empresas Portuguesas.

- Os ensaios foram realizados segundo a norma ASTM C518/70 em novembro e dezembro de 1984.

- O autor não menciona a unidade dos corpos de prova.

Tabela 2 - UCHÔA (1989)

Espécies	(Kg/m ³)	λ (W/m.K)	T(K)	U(%)
Chapas de madeira compensada	545	0,138	-	*
Chapas de fibra de madeira isolante	240	0,048	-	*
	160-480	0,038-0,058	-	9-15
	400	0,063	-	9-15
Chapas de fibra de madeira rígida	800-1280	0,108-0,202	-	9-15
	530	0,079	-	9-15
	1040	0,202	-	9-15
Chapas de partículas de madeira	400-600	0,079-0,108	-	9-15
	800-1120	0,144-0,18	-	
	200	0,044	-	*
	400	0,052	-	
	600	0,071	-	
	640	0,120	-	
	700	0,145	-	
715	0,129	-	12	
690	0,157	275	8,5	
	0,169	284		
	0,172	309		

Obs.: - * sem especificar a unidade do material.

7- DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A comparação dos resultados obtidos com outros realizados no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM), em madeira maciça de eucalipto com umidade a 12% e condutividade térmica variando com a espécie de 0,14 a 0,46 W/m.K. NOGUEIRA (1989), mostra que os resultados encontrados são coerentes. Mas a comparação com os resultados da literatura estrangeira, mostra que estes valores são muito altos. Isto pode ser explicado pelo fato dos produtos nacionais serem fabricados com madeira de alta densidade e processos produtivos diversos.

Analisando os resultados encontrados de condutividade

térmica e comparando-os com a densidade das chapas de mesmo tipo, podemos notar que apenas entre os tipos de aglomerados ensaiados, a condutividade térmica aumenta proporcionalmente com o aumento da densidade. Esta relação não é a mesma para os outros tipos de chapas ensaiadas.

Quanto a influência da temperatura e da umidade, não podemos fazer nenhuma relação já que os corpos de prova foram ensaiados nas mesmas condições de umidade e temperatura.

Podemos verificar que os aglomerados ensaiados, apresentaram valores mais baixos de condutividade térmica, isto devido à grande quantidade de ar contida no seu interior, e disposição desordenada das partículas que se sobrepõem, dificultando a passagem do calor.

Na sequência temos os sarrafeados revestidos de fibra com seu resultado muito próximo aos dos compensados ensaiados. Os compensados possuem fibras sobrepostas a 90° que dificultam a passagem do calor. A literatura estrangeira diz que os resultados da condutividade térmica dos compensados são próximos aos da madeira maciça. Isto se confirma nos resultados obtidos. A relação entre a densidade e a condutividade térmica do compensado não apresentou resultados proporcionais, devido a complexidade de sua constituição com relação a influência do número de camadas e o tipo de colagem de cada tipo de chapa.

Finalmente a chapa de fibra foi a que apresentou maior índice de condutividade térmica. Isto se deve ao fato da chapa de fibra ensaiada possuir alta densidade, com grande quantidade de pontos de cola entre as fibras além da pouca existência de espaços de ar confinado no seu interior.

Estudos posteriores deverão ser realizados com um número maior de chapas e com os seus componentes químicos, para uma avaliação mais detalhada da influência da posição dos materiais na condutividade térmica, assim como a interferência da variação da umidade temperatura na condutividade térmica.

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIN 51046 - Determinação da condutividade térmica até 1600°C segundo o método do arame aquecido. Tradução feita para a Seção de Cerâmica do IPT, 1969.

LIMA, C.R. Método do fio quente - aplicado ao estudo das propriedades térmicas de madeiras. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 3, 1989. São Carlos. Anais São Carlos: EESC/USP/SET/LaMEM, 1989, vol. 6 p. 135-147.

NOGUEIRA, M.C. DE J.A. Determinação da condutividade térmica dos eucaliptos. São Carlos, 1989 (Trabalho de disciplina - Conforto Térmico, apresentado a Escola de Engenharia de São Carlos USP).

TONISSI, L.V. Madeiras e seus derivados na construção São Carlos, 1985. 137 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

JCHÖA, S.B.B. Condutividade térmica da madeira. São Carlos, 1989. 181 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Escola de Engenharia de São Carlos, USP.