



**ENTAC2006**

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## CONDUTIVIDADE TÉRMICA EM MADEIRA: MÉTODO DO FIO QUENTE PARALELO

**Almir Sales (1); Patricia Cristina Papani (2);**

(1) Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de São Carlos, Brasil – e-mail: almir@power.ufscar.br

(2) Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de São Carlos, Brasil – e-mail: patypapani@yahoo.com.br

### RESUMO

**Proposta:** Este trabalho teve como objetivo determinar a condutividade térmica do *Eucalyptus citriodora* e do *Eucalyptus grandis*, e realizar uma comparação entre o método empregado na presente pesquisa e outros utilizados na literatura. Com a determinação da condutividade foi possível indicar o uso na construção civil destas duas espécies de forma a permitir a melhoria do conforto térmico proporcionado aos usuários e indicar as características de alguns métodos para determinação da condutividade. **Método de pesquisa/Abordagens:** Corpos-de-prova de dimensões 5,0cm x 10,0cm x 20,0cm e o Método do Fio Quente Paralelo. **Resultados:** O *Eucalyptus citriodora* apresenta um coeficiente de condutividade 17% maior que do *Eucalyptus grandis*, o que o torna menos isolante. Este resultado assemelha-se aos encontrados na literatura que foram obtidos pelo mesmo método para outras espécies com densidades semelhantes e também resultantes da aplicação de outros métodos. Através da comparação do Método do Fio Quente Paralelo com outros métodos encontrados na literatura, o empregado nesta pesquisa apresenta-se o de mais rápida aplicação e de menor custo. **Contribuições/Originalidade:** Atestar a eficácia do método empregado na pesquisa, indicar a espécie mais adequada para cada tipo de clima e região de acordo com a finalidade, e comparar alguns dos métodos existentes para obtenção da condutividade térmica.

Palavras-chave: condutividade térmica; método do fio quente paralelo; madeira de reflorestamento.

### ABSTRACT

**Propose:** The purpose of the present study was to determine the thermal conductivity of the *Eucalyptus citriodora* and the *Eucalyptus grandis*, and to carry through a comparison between the used method in the present investigation and other used in literature. After which the utilization of both species in the civil construction was enabled, thus providing better thermal well-being for the users and to indicate the characteristics some methods for conductivity determination. **Methods:** Samples measuring 5.0cm x 10.0cm x 20.0cm and the Parallel Hot Wire Method. **Findings:** The *Eucalyptus citriodora* provided a conductivity coefficient 17% higher than the *Eucalyptus grandis*, which makes it less insulating. This result is in agreement with the ones found in the literature, which were obtained by the same method for other species with similar densities, and also by the application of other methods. Through the comparison of the Parallel Hot Wire Method with other methods found in literature, the method utilized in this investigation presents itself of faster application and lesser cost. **Originality/value:** Prove the effectiveness of the method used in the study but also show the best kind of wood to be chosen, according to the climate, the region and the purpose of its use and to compare some of the existing methods for attainment of the thermal conductivity.

Keywords: thermal conductivity; parallel hot wire method; reforestation wood.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Madeira de Reflorestamento

O Brasil possui uma flora muito rica, repleta de espécies nativas de madeira que disponibilizam material para ser empregado tanto na construção civil como em outras atividades. Porém a cobertura vegetal do país encontra-se atualmente ameaçada resultante da exploração não sustentável do recurso madeireiro que ocorreu nas últimas décadas.

Desta forma, devido a esta polêmica gerada constantemente quanto a exploração inadequada e irracional dos recursos florestais, surge uma alternativa que substitui a exploração da madeira nativa pelas de reflorestamento, constituída por diversas espécies de eucalipto e pinus (NOGUEIRA, SALES e ROCCO LAHR, 1992).

Assim, torna-se cada vez mais importante a aplicação de madeira de reflorestamento na construção civil. Deste modo, no presente trabalho foram empregadas duas espécies destinadas a esse fim: o *Eucalyptus citriodora* e o *Eucalyptus grandis*.

### 1.1.1 *Eucalyptus citriodora*

O *Eucalyptus citriodora* é uma espécie em que as árvores podem atingir de 15 a 30 metros, seu tronco é reto, liso e apresenta um excelente fuste, a copa tem formato guarda-chuva, a casca é fraca, lisa, brilhante e de cor branca quando nova (COZZO, 1955).

Segundo a Revista da Madeira (2001), o *Eucalyptus citriodora* apresenta as seguintes características: sensível à geada severa; resistente à deficiência hídrica; apresenta grande incidência de bifurcações em solos pobres, principalmente com deficiência de boro; possui madeira densa com cerne diferenciado; ritmo de crescimento e rendimento volumétrico inferiores a outras espécies e freqüente presença de bolsas de resina.

### 1.1.2 *Eucalyptus grandis*

O *Eucalyptus grandis* é uma espécie na qual se obtém árvores com altura variando de 25 a 50 metros. É de grande desenvolvimento, apresenta tronco grosso, sua casca é fraca, clara e quando desprende do tronco deixa uma coloração branca e lisa.

A Revista da Madeira (2001) apresenta como características da espécie: sensibilidade à geada; relativa resistência à deficiência hídrica; árvores de rápido crescimento apresentam problemas de empenamento, contrações e rachaduras em operações de desdobro e secagem; adequadamente manejadas produzem madeira de excelente qualidade para serrarias e laminação; possui madeira avermelhada com cerne diferenciado e é a principal matéria-prima para a indústria de celulose, chapas duras e aglomerados.

## 1.2 Transmissão de Calor

Os processos de transmissão de calor na madeira são três: a convecção, a radiação e a condução. A convecção provoca uma circulação de massa nas quais as partículas com maior temperatura dão lugar as de menor temperatura. A radiação é a transmissão de calor por meio de ondas eletromagnéticas e sua transmissão pode ocorrer em meios que são transparentes a estas e propagam-se até mesmo no vácuo. A condução é um fenômeno de transmissão de calor que predomina nos sólidos, pois ocorre devido ao choque entre partículas próximas.

Devido à estrutura da madeira a transmissão de calor que predomina é a condução, já que o espaço vazio nas células é insuficiente para estabelecer uma movimentação de massas de ar e a parcela de

radiação é insignificante se comparada à condução. Ainda, a madeira contém na prática, além do ar, água adsorvida e água livre, contribuindo notavelmente para a transmissão de calor.

### **1.3 Condutividade Térmica**

A condutividade térmica é uma propriedade física que influencia em outras propriedades como a difusividade térmica e a sensação térmica e explica o motivo de ao tocarmos um metal este parecer mais frio que a madeira, mesmo ambos estando a mesma temperatura.

A condutividade térmica depende da estrutura molecular, da densidade, da umidade, da pressão e da temperatura que se encontra a substância. Desta forma, este coeficiente possui variações em extensas faixas (UCHÔA, 1989).

Para a adequada aplicação da madeira como material a ser empregado na construção civil, por exemplo, como divisórias, é necessário o conhecimento dos valores da condutividade térmica, Maku apud UCHÔA (1989).

### **1.4 Conforto Térmico**

Atualmente busca-se a economia de energia em diversas atividades. Para a garantia de conforto térmico nas edificações se faz muitas vezes necessário o emprego de aquecedores ou condicionadores de ar. Desta forma, a utilização de um material que contribua para a economia de energia implica no desenvolvimento de pesquisas que encontre um material adequado para esta finalidade. Material adequado deve ser entendido como aquele disponível na região, o qual seja economicamente viável e apresente as características técnicas necessárias ao bom desempenho da construção como um todo (UCHÔA, 1989).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004), “A edificação habitacional deve reunir características que atendam as exigências de conforto térmico dos usuários, considerando-se a região de implantação da obra e as respectivas características bioclimáticas definidas no projeto de norma ABNT – Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social”.

Desse modo, para garantir o conforto térmico de edificações não basta apenas o estudo de um material com propriedades térmicas adequadas, é necessário aliar um bom projeto que atenda a uma orientação adequada em relação ao sol e os ventos e também um correto dispositivo para ventilação, de acordo com cada região.

### **1.5 Métodos para determinação da condutividade térmica**

De acordo com a literatura pesquisada, há diversos métodos empregados para a obtenção da condutividade térmica. Estes podem ser divididos em métodos em regime estacionário e não-estacionário, sendo que o método em regime estacionário pode ser subdividido em método comparativo e absoluto. Esta classificação é resultante da presença de um padrão de referência.

O método em regime estacionário pode ser denominado como Método das Placas Quentes. Segundo Uchôa (1989), a desvantagem deste método é o tempo necessário para atingir o estado estacionário de temperatura o que pode desprender um tempo de até vinte e quatro horas. Este tempo depende da faixa de temperatura e do material a ensaiar.

Dentre os métodos em regime estacionário estão o método comparativo normalizado no Japão (JIS 1412) e o método absoluto normalizado nos Estados Unidos (ASTM C177), na Inglaterra (BS 874) e na Alemanha (DIN 52612). No método comparativo há um corpo-de-prova a ser ensaiado e um material de referência, ambos devem possuir a mesmas formas e dimensões das placas quentes. Já no método absoluto, segundo Uchôa (1989), após ser atingido o regime permanente de temperatura são

realizadas as medições de temperatura nas faces dos corpos-de-prova e do fluxo de calor através destes. Tendo-se estes dados e as dimensões dos corpos-de-prova é possível determinar o valor da condutividade térmica.

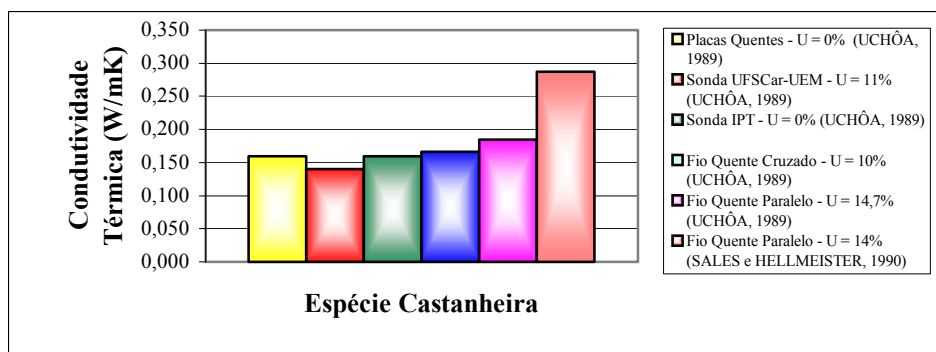
Os métodos em regime não-estacionário dividem-se em método do Fio Quente e Método da Sonda. O método do Fio Quente é normalizado na Alemanha (DIN 51046) e no Japão (JIS R2618) e se subdivide em Método do Fio Quente Cruzado e Método do Fio Quente Paralelo. O que diferencia estes dois métodos é a colocação do termopar em relação ao fio-quente, em que no primeiro é inserido perpendicular ao fio-quente e no segundo é colocado paralelo a este. A vantagem do método do fio quente cruzado é a determinação da condutividade térmica em um tempo reduzido e o ensaio ser realizado em temperatura ambiente, temperaturas muito altas ou muito baixas (UCHÔA, 1989).

O método da Sonda é semelhante ao do fio quente, a diferença é que o fio de aquecimento e o sensor de temperatura são colocados dentro de um tubo. É um método de uso mais difundido que o fio quente, pois é possível realizar medições in loco, sem a necessidade da extração de amostras do material a ser ensaiado, Tye e Erkelens apud UCHÔA (1989).

Existem também algumas variações tanto do método das Placas Quentes como do Fio Quente, as quais objetivam principalmente a diminuição do tempo de ensaio, aplicação prática e determinação simultânea de diversas propriedades térmicas como condutividade térmica, calor específico e difusividade térmica.

Uchôa (1989) realizou ensaios com os métodos das placas quentes, sonda, fio quente paralelo e fio quente cruzado e obteve algumas conclusões a partir da comparação entre os métodos. Segundo o pesquisador, o método das placas quentes é um método demorado, caro e não deve ser utilizado em material contendo umidade e necessita de pessoas experientes para sua manipulação. Porém é possível obter a condutividade térmica com grande exatidão e medição em uma faixa ampla de valores. O método da Sonda é de rápida execução e mais simples de ser manipulado, atentando-se apenas para a construção mais elaborada do equipamento. Este método apresenta a vantagem de não necessitar da retirada das amostras para o ensaio e permitir a mensuração da condutividade no local em que se encontra o material. Já o método do fio quente é um método de rápida execução, permite o ensaio de materiais contendo umidade, é de fácil montagem e constitui-se de um método prático com obtenção de resultados confiáveis. O cuidado que é necessário para o emprego deste método é a preparação adequada dos corpos-de-prova.

Para ilustrar os resultados obtidos pelos diversos métodos foi realizada uma comparação entre os valores de condutividade térmica da espécie Castanheira, como pode ser verificada a seguir.



**Gráfico 1 - Comparação da condutividade térmica obtida por diversos métodos encontrados na literatura para a espécie Castanheira.**

## 2 OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivos: determinar a condutividade térmica da madeira de duas espécies destinadas ao reflorestamento o *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus citriodora*; atestar a eficácia do Método do Fio Quente Paralelo empregado para obtenção desta propriedade térmica; indicar a aplicação das espécies analisadas na construção civil, visando garantir o conforto térmico aos usuários das edificações e comparar o método empregado nesta pesquisa com outros métodos disponíveis na literatura.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Amostragem para determinação da condutividade térmica por meio do Método do Fio Quente Paralelo

As peças foram fornecidas pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo através da Estação Experimental de Itirapina, localizada a 22° 13' 09" S e 47° 54' 44" W, possui altitude variando de 700m a 827m e média de temperatura anual de 19°C.

Retirou-se da Estação Experimental de forma aleatória, por amostragem simples, doze árvores com idade de vinte e sete anos, que totalizaram aproximadamente 8,00m<sup>3</sup> estéreis de madeira não manejadas. Deste total seis são de *Eucalyptus grandis* que foram plantadas com espaçamento de 3,0m x 2,0m e seis de *Eucalyptus citriodora* com espaçamento de plantio de 3,0m x 1,0m.

Após o desdobro inicial foram confeccionados os corpos-de-prova, conforme verificado a seguir (Figura 1).



**Figura 1 – Corpos-de-prova das espécies de madeira utilizadas para a determinação da condutividade térmica.**

### 3.2 Teor de umidade e densidade

Para complementação do trabalho desenvolvido foram realizados ensaios para determinação do teor de umidade e densidade das duas espécies analisadas. Estes ensaios permitiram uma melhor caracterização das espécies, além de facilitar a comparação das espécies empregadas neste trabalho com as encontradas na literatura. Os ensaios para obtenção destas duas propriedades foram realizados segundo a NBR 7190:1997.

### 3.3 Condutividade Térmica

O ensaio para a determinação da condutividade térmica empregado neste trabalho seguiu as diretrizes da Norma DIN 51046 e utilizou os seguintes equipamentos: fio de aço Kantal A, diâmetro 0,3mm e resistência 1,61Ω/m, comprimento 20,0cm (fio quente); fios condutores de cobre com diâmetro 1,0mm e comprimento de 1,0m; fonte de corrente contínua, HP-MCDEL 6224B; termopares tipo T, cobre-

constantan, diâmetro 0,226mm, confeccionados no Laboratório de Metrologia da EESC-USP; corpos-de-prova com dimensão 5,0cm x 10,0cm x 20,0cm, sendo que cada corpo-de-prova era composto por duas peças com estas dimensões; sistema de aquisição de dados (SAD) HP3497A, com placas de aquisição HP44421A; micro-computador HP9825-B e impressora HP 2631G.

Para a obtenção dos dados de condutividade térmica foi empregado o Método do Fio Quente Paralelo que está de acordo com a Norma DIN 51046. A aplicação do método é relativamente simples, devido a facilidade de manipulação dos equipamentos para aquisição de dados. A montagem destes dispositivos também é muito simples (Figura 2), tendo-se apenas o cuidado com a preparação das faces dos corpos-de-prova, visto que, o encaixe entre estes deve ser o melhor possível, pois a falta de contato pode acarretar a formação de bolsões de ar que mascara a obtenção dos dados.



**Figura 2 - Equipamentos utilizados para determinação da condutividade térmica, PINTO (2005).**

O primeiro procedimento foi a preparação dos corpos-de-prova que tiveram suas faces lixadas e limpas. Posteriormente foram realizadas duas ranhuras, uma central para a colocação do fio quente e uma outra a 1,5cm da primeira onde foi inserido o termopar. As ranhuras foram preenchidas com pó extraído por lixamento das próprias amostras. Este procedimento objetivou melhorar o contato térmico do arranjo.

Realizou-se um ajuste das amostras e conectou-se as extremidades do fio quente a dois fios condutores confeccionados com cobre, estes foram conectados à fonte de corrente contínua ajustada para 2V. Ao acionar a fonte de corrente contínua, uma corrente percorria o fio quente liberando calor, o qual se propagava a partir do centro do corpo-de-prova de modo radial em relação ao fio, resultando em isothermas que foram captadas pelos termopares diretamente ligados aos terminais do Sistema de Aquisição de Dados.

As leituras realizadas pelo termopar eram efetuadas em  $\mu V$  (microvolts), transformadas em mV (milivolts) e convertidas em temperatura Kelvin (K) a intervalos de 30 segundos durante o período de 60 minutos (PINTO, 2005). Esta operação foi realizada por uma rotina de um programa de computador que fazia parte do conjunto de equipamentos do laboratório. A partir dos dados coletados a condutividade pôde ser obtida pela seguinte expressão:

$$\lambda = \frac{RI^2}{4\pi l} \times \frac{-e\left(\frac{r^2}{4dt}\right)}{\Delta T(t)} \quad (\text{eq.1})$$

onde:

$d$  = é a difusividade térmica ( $\text{cm}^2/\text{s}$ );

$r$  = é a distância em mm da fonte de calor (fio quente) ao termopar;

$t$  = é o tempo em segundos, a partir da liberação de calor;

$\Delta T(t)$  = gradiente de temperatura entre os termopares medidos em mV a cada intervalo  $\Delta t$  ;

$\frac{\Delta T(2t)}{\Delta T(t)}$  = divisão dos gradientes de tempo  $2t$  e  $t$ ;

$e(\frac{-r^2}{4dt})$  = valores correspondentes aos valores de  $\frac{\Delta T(2t)}{\Delta T(t)}$  ;

$R$  = é a resistência dos 0,2m de fio;

$I^2$  = é a corrente do fio ao quadrado;

$l$  = é o comprimento do fio quente em metros.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Resultados Obtidos

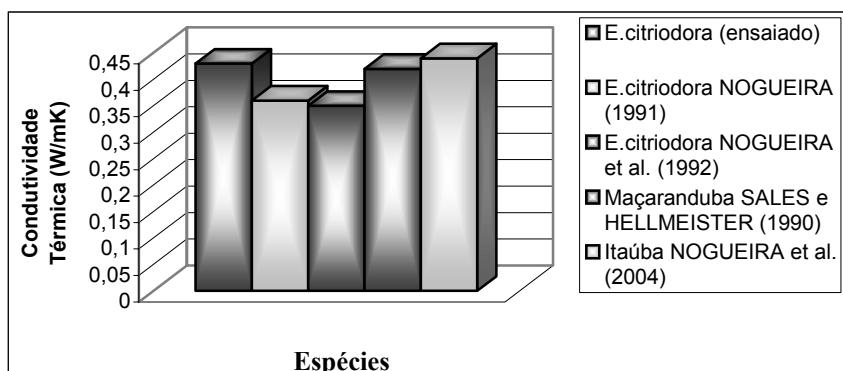
Neste item encontram-se, de forma sucinta, os resultados obtidos através dos ensaios.

**Tabela 1 - Resultados médios de umidade, densidade básica, densidade aparente e condutividade térmica para o *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis*.**

Espécie	Umidade Média U (%)	Densidade Básica Média $\rho_{bas}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade Aparente Média $\rho_{ap}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\lambda$ médio (W/mK)
<i>Eucalyptus citriodora</i>	18,10	0,90	1,04	0,43
<i>Eucalyptus grandis</i>	17,41	0,73	0,83	0,36

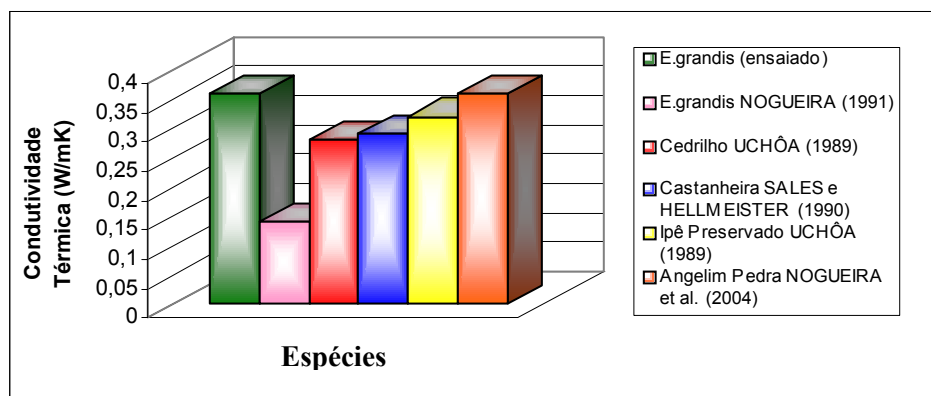
Os resultados obtidos permitiram realizar uma comparação com dados encontrados na literatura e que foram obtidos por outros autores para as mesmas espécies ou espécies de densidades semelhantes por meio do método empregado nesta pesquisa e por outros métodos. Esta comparação encontra-se nos Gráficos 2 e 3.

A comparação realizada a seguir permite verificar que os dados encontrados neste trabalho assemelham-se aos existentes na literatura, o que pode atestar a eficácia do Método do Fio Quente Paralelo para determinação da condutividade térmica do *Eucalyptus citriodora* empregado nesta pesquisa.



**Gráfico 2 - Comparação da condutividade térmica entre o *Eucalyptus citriodora* ensaiado nesta pesquisa e outros valores da literatura.**

No Gráfico 3 está apresentado os valores obtidos para o *Eucalyptus grandis* ensaiado nesta pesquisa juntamente com outros valores. Apesar das diferenças apresentadas, o valor obtido está compreendido num intervalo compatível para a variabilidade da madeira de folhosas.



**Gráfico 3 – Comparação da condutividade térmica entre o *Eucalyptus grandis* ensaiado nesta pesquisa e outros valores da literatura.**

Os dados de condutividade térmica obtidos na presente pesquisa possibilitaram realizar uma comparação com valores de condutividade encontrados na literatura para outros materiais empregados na construção civil, como pode ser verificado a seguir.

**Tabela 2 - Comparação da condutividade térmica de alguns materiais da construção civil e das espécies de madeira analisadas nesta pesquisa.**

Material	$\lambda$ (W/mK)
Tijolo (Hoadley, 2000)	4,5
Concreto (Hoadley, 2000)	7,5
Mármore (Hoadley, 2000)	17
Aço (Hoadley, 2000)	310
Alumínio (Hoadley, 2000).	1.400
Isolantes (fibra de vidro, lã de rocha) (Hoadley, 2000)	0,2 a 0,3
<i>Eucalyptus citriodora</i> (analisado nesta pesquisa)	0,43
<i>Eucalyptus grandis</i> (analisado nesta pesquisa)	0,36

Desta forma, verifica-se que as madeiras das espécies analisadas apresentam baixo coeficiente de condutividade térmica, se comparada com a maioria dos materiais empregados na construção civil, sendo possível utilizá-las de maneira eficiente como isolante térmico em edificações.

## 4.2 Aplicações na construção civil em função dos “ $\lambda$ ” obtidos

Esta pesquisa permitiu verificar que o *Eucalyptus grandis* é mais isolante que o *Eucalyptus citriodora*, assim, pode ser utilizado como revestimentos em locais frios, minimizando a perda de calor para o ambiente exterior e também o *Eucalyptus grandis* pode ser aplicado em recintos com temperatura externa e insolação elevadas visando a proteção contra a radiação solar.

Segundo o trabalho desenvolvido pela SUDAM/IPT (1981), foi possível indicar, de uma maneira geral, as espécies analisadas na presente pesquisa para aplicações na construção civil. O único item que relaciona com a condutividade térmica é o emprego na construção civil leve interna na utilização decorativa tais como: lambris, painéis, molduras e perfílados e guarnições. Para tais aplicações os requisitos para a condutividade são: valores de condutividade de média a baixa. A madeira de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus citriodora* podem ser utilizadas para estas finalidades, segundo os valores experimentais obtidos no presente trabalho.

Por meio do projeto de norma ABNT – “Desempenho de edificios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos gerais”, 2004 foi possível indicar a espécie mais adequada para



algumas cidades do país, em função da insolação e temperaturas de inverno e verão, conforme apresentado a seguir.

Em cidades como Campo Grande, Porto Velho, Porto Alegre, Cuiabá, Belo Horizonte, Brasília, Goiânia, São Paulo e Rio Branco poderia ser empregada a espécie *Eucalyptus grandis*, que é mais isolante. Poderia ser utilizada como vedação ou revestimento de pisos, pois estas cidades apresentam radiação elevada no verão e temperaturas no inverno menores que o recomendado para níveis intermediários de desempenho térmico e conforto do usuário. Assim, a madeira empregada como vedação externa minimizaria a transferência do calor que inside pela radiação solar para o interior da habitação no verão, minimizando o dispêndio de energia com condicionadores de ar. Já no inverno atuaria como isolante para impedir a saída de calor do interior da edificação, mantendo a temperatura interna mais agradável.

Nas cidades de Aracaju, Teresina e Natal a mesma espécie poderia ser empregada, teria um excelente desempenho no verão, porém no inverno não seria indicada, já que a temperatura encontra-se acima da recomendada para níveis superiores de desempenho.

A cidade de Curitiba, apesar de não constar valores de radiação na Norma, apresenta um inverno dos mais rigorosos do país. Desta forma, a madeira do *Eucalyptus grandis* poderia ser utilizada associada a um isolante para minimizar a perda de calor para o exterior. A norma recomenda que seja utilizado conjuntamente um aquecedor de potência igual a 1000W.

Como verificado anteriormente, a utilização da madeira poderia auxiliar no atendimento das especificações de conforto térmico contidas no projeto de Norma ABNT – “Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos gerais”, 2004. Também contribuiriam para a utilização de madeira de reflorestamento diminuindo o gasto de energia para a produção de materiais de construção e a proteção ao meio ambiente. Porém muitas destas cidades não adotariam a madeira, devido ao preconceito em relação às construções realizadas com este material.

Para avaliar melhor as utilizações propostas das madeiras analisadas seria necessário desenvolver estudos práticos, mensurando a condutividade térmica em protótipos de edificações em madeira, nas cidades citadas ou reproduzindo as condições climáticas de cada localidade.

## 5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Método do Fio Quente Paralelo mostrou-se eficaz para a obtenção do coeficiente de condutividade térmica para as espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus citriodora*, que pôde ser verificada com a semelhança dos valores de condutividade determinados nesta pesquisa com os encontrados na literatura.

O método apresenta grande facilidade de aplicação, verificando-se apenas a necessidade de ajustes dos corpos-de-prova e cuidado na colocação do fio quente e termopar.

O coeficiente de condutividade térmica obtido para o *Eucalyptus citriodora* foi maior que o obtido para o *Eucalyptus grandis*. Isso se deve provavelmente em função da primeira espécie ser mais densa e desta forma apresenta-se menos porosa, com menos ar aprisionado em seu interior.

As indicações de aplicações da espécie *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis* evidenciaram a importância da determinação do coeficiente de condutividade térmica.

A utilização da madeira de reflorestamento como material empregado na construção civil minimiza os gastos com energia na produção de outros materiais, minimiza a utilização de madeiras ameaçadas de extinção, contribuindo para a preservação do meio ambiente. O emprego da madeira pode diminuir a energia consumida com condicionadores de ar ou aquecedores utilizados para garantir o conforto térmico das edificações.

É possível utilizar o eucalipto como material construtivo nas edificações garantindo o conforto térmico dos usuários. Para isto a adequação das propriedades térmicas das espécies analisadas deve ser associada à determinação das propriedades mecânicas, a um bom projeto que verifique a localização e orientação da edificação quanto à posição do sol e dos ventos, e a um adequado dispositivo de ventilação.

Por meio da avaliação do emprego dos métodos encontrados na literatura e a aplicação do Método do Fio Quente Paralelo nesta pesquisa, foi possível verificar que este possui maior facilidade de aplicação, baixo custo, devido à existência dos equipamentos no mercado nacional, e obtenção de resultados confiáveis.

## 6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de Norma 02:136.01.001**: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Rio de Janeiro, 2004.

COZZO, D. **Eucalyptus y eucaliptotecnica**. Buenos Aires: El Ateneo, 1955, 393p.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 51046**: Testing of Ceramic Materials: Determination of Thermal Conductivity up to 1600°C by the Hot-Wire: Thermal Conductivity up to 2W/m K. (Provisional Standard Part 1). German, 1976.

HOADLEY, R. B. **Understanding wood**. 2. ed. Tauton Press, 2000, 280 p.

NOGUEIRA, M. C. J. A. **Indicações para o emprego de dezesseis espécies de eucalipto na construção civil**. 1991. 116f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991.

NOGUEIRA, M. C. J. A.; SALES, A.; ROCCO LAHR, F. A. Propriedades térmicas da madeira de eucalipto. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira, 4, 1992, São Carlos. **Anais...**São Carlos: EBRAMEM, 1992. Vol. 3, p. 159-165.

NOGUEIRA, M. C. J. A.; MORAES, J. G.; LOGSDON, L.; NOGUEIRA, J. S.; HAYASHI, M. M. S. Estudo da propriedade térmica em madeiras nativas do Estado de Mato Grosso. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira, 9, 2004, Cuiabá. **Anais...**Cuiabá: EBRAMEM, 2004.

PINTO, E. M. **Determinação de um modelo de taxa de carbonização transversal à grã para o *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis***. 2005. 119f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

REVISTA DA MADEIRA. Eucalipto, a madeira do futuro. Edição Especial, Set. 2001.

SALES, A.; HELLMEISTER, J. C. Determinação da condutividade térmica, do calor específico e da difusividade térmica em madeiras de alta, média e baixa densidade. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 9, 1990, Águas de São Pedro. **Anais...**Águas de São Pedro: CBEMCIAMAT, 1990. p.782-785.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA/IPT (SUDAM). **Grupamento de espécies tropicais da Amazônia por similaridade de características básicas e por utilização**. Belém, 1981.

UCHÔA, S. B. B. **Condutividade Térmica da Madeira**. 1989. 171f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.

## 7 AGRADECIMENTOS

Ao MCT/CNPq, PIBIC/UFSCar, ao LaMEM da EESC/USP e ao LMC/UFSCar.