

## **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE UMA HABITAÇÃO DE MADEIRA EM PINUS ROLIÇO, SOB DETERMINADAS CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO, PARA A CIDADE DE SÃO CARLOS-SP**

**Telma Cristina Pichioli de Carvalho**

Mestre Em Arquitetura e Urbanismo

Professora do Centro Universitário Moura Lacerda (Ribeirão Preto/SP)

e do Centro Universitário de Araraquara (Araraquara/SP)

Rua Roberval Pozzi, 97 – Santa Marta / São Carlos-SP, Cep:13564-230

Tel.: (016) 272-4793 / e-mail: [tcpichioli@linkway.com.br](mailto:tcpichioli@linkway.com.br)

### **RESUMO**

O presente trabalho apresenta resultados da análise do desempenho térmico de uma habitação de madeira em pinus roliço sob determinadas condições de exposição, para o clima da cidade de São Carlos-SP.

### **ABSTRACT**

This work presents the results of the thermal performance of a wooden house constructed by using round pine, under certain exposure conditions, for the climate of São Carlos city, São Paulo State.

### **1. INTRODUÇÃO**

Uma das maiores deficiências tecnológicas existentes no país, atualmente, ocorre no setor da construção civil, principalmente no que diz respeito à produção de habitação. Existe um descaso muito grande no setor habitacional, no que se refere ao emprego de novos materiais e de sistemas construtivos. Na maioria dos casos, os sistemas não passam por testes em laboratórios específicos para qualificar o seu desempenho. Os resultados são casas de baixíssima qualidade, pouco estéticas, com o emprego de materiais e projetos inadequados ao clima local, interferindo no conforto dos moradores. Quanto ao conforto térmico das moradias, que interfere diretamente no usuário, em alguns casos chega a alterar o clima das cidades.

A casa de madeira pode apresentar-se como uma das alternativas viáveis na construção habitacional, tendo em vista a possibilidade do uso da madeira de reflorestamento, já que se trata de um recurso natural e inesgotável se utilizado com planejamento e critério.

Para utilização da madeira na produção de unidades habitacionais, há necessidade de investir no avanço desta tecnologia a qual ainda é muito carente. Além disso, há um problema maior que é o preconceito em relação ao uso da madeira. Tal preconceito, segundo INO (1992), tem origem cultural e é agravado pelo desconhecimento da tecnologia da madeira pelos usuários, profissionais da área da

construção civil e por parte daqueles que detêm o poder decisório, ou seja, dos órgãos governamentais responsáveis pela política habitacional.

Segundo CLARO (1991), as habitações de madeira não têm constituído objeto de estudos que tratam do desempenho térmico das edificações. Isto acontece por duas razões: a primeira pelo fato de casa de madeira não ser produzida em grande escala; a segunda, pelo fato do material ser considerado fator único quando existem vários fatores na determinação do conforto térmico.

Sabe-se que o desempenho de uma edificação é resultado de um conjunto de fatores que influenciam a mesma: são os fatores climáticos, do entorno e da própria edificação (representados pelas variáveis de projeto). Mas VIANNA (s/d, apud CLARO, 1991), enfatiza o papel do projeto arquitetônico na definição de conforto ambiental.

Tem início na concepção arquitetônica, a preocupação em satisfazer as exigências do usuário em relação a sua moradia, levando-se em consideração os parâmetros culturais, fisiológicos e o meio físico, onde se insere a edificação. Um projeto arquitetônico inadequado, além de não satisfazer as condições básicas de conforto térmico para o usuário, tem gerado sérios problemas que envolvem desde o comprometimento da saúde até o consumo exagerado de energia para promover o conforto.

## **2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DA CIDADE**

A cidade de São Carlos está localizada na região central do estado de São Paulo e tem como coordenadas geográficas básicas 22• 01'S de latitude, 47• 54' O de longitude e 854 metros de altitude. Segundo TOLENTINO (1967), as temperaturas médias do ar são mais altas na época de dezembro à março, sendo janeiro, o mês de temperatura mais elevada. O inverno é a estação com maiores amplitudes térmicas, sendo verificada, em julho, a média das temperaturas mínimas mais baixa. Os meses de agosto e setembro apresentam as menores índices de umidades do ar, e os meses de janeiro e fevereiro, os maiores. Os ventos dominantes são os de nordeste, com maior frequência em maio, os de sudeste são mais frequentes no início e fim da estação quente.

Conforme a série climatológica publicada pelo MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA - DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, (1992), pode-se distinguir uma estação de verão úmido e outra de inverno seco. Tendo como referência a classificação de Koeppen, "...verifica-se que a região de São Carlos se apresenta com um clima úmido, com características subtropicais, revelando estações diferenciadas ( verão úmido e inverno seco)." (SOUZA, 1990, p. 23)

## **3. PROTÓTIPO**

O protótipo é uma casa construída em sistema de parede composta por sobreposição de toras torneadas de pinus roliço, com diâmetro aproximado de 9,5 cm, com forro horizontal de pinus, coberta com telha de barro formando o ático não ventilado, e com piso em cimento queimado, em contato com o solo. O protótipo está instalado nas dependências da empresa Postes Irpa Ltda, dentro de determinadas condições de exposição (parcialmente sombreado) .

## **4. METODOLOGIA**

Para se determinar as condições térmicas do ambiente e obter dados relativos às variáveis climáticas do micro clima local, foram instalados aparelhos específicos, dentro do protótipo e de um abrigo meteorológico, que teve a sua implantação próxima ao protótipo nas mesmas condições de sombreamento. As leituras foram realizadas simultaneamente "in loco", diariamente em horários pré-estabelecidos, durante uma semana no período de verão, e em outra semana, no período de inverno.

A experimentação foi realizada nos meses de março e junho, respectivamente. O período medido no verão foi de 15/03/1993 a 19/03/1993 e, o período medido no inverno foi de 21/06/1993 a 25/06/1993.

As leituras aconteceram todos os dias, com as portas e janelas fechadas. Apenas, nos dias 18/03 e 19/03, no horário das 8h às 16h, o protótipo permaneceu com portas e janelas abertas. Esta opção foi feita para observar as possíveis mudanças que poderiam ocorrer nas leituras. Os aparelhos, no interior do protótipo, foram colocados no centro do quarto, localizado na parte frontal da casa, conforme AKUTSU et al (1987).

Com base nos procedimentos e critérios para a avaliação do desempenho térmico de edificação não condicionadas, cuja metodologia é proposta por AKUTSU & VITTORINO (1992) e utilizando Método de Fanger (1972), é verificado o desempenho térmico do protótipo em madeira. Em seguida são aplicados os critérios de atribuição de níveis de desempenho, apresentados por AKUTSU & VITTORINO (1992).

## **5. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **5.1 Análise do Comportamento Térmico do Protótipo**

#### **5.1.1 Análise da Temperatura**

Para o período medido no verão, têm-se as seguintes situações:

- no período da 1h às 7h da manhã, a temperatura do protótipo apresenta-se em média de 3 a 4°C mais elevada do que a temperatura do abrigo meteorológico, girando em torno de 18,5°C para este e de 22°C para aquele;
- durante o período das 8h às 18h, a média das temperaturas no protótipo gira em torno de 24,5°C e no abrigo em torno de 25,5°C, resultando uma diferença de 1 a 2°C;
- no período de 19h às 24h, no protótipo, a temperatura média dos cinco dias é de 23,5°C e no abrigo 21°C, sendo a temperatura do protótipo, 2,5°C mais elevada que a do abrigo.

As temperaturas registradas durante o período de medição apresentam-se favoráveis ao protótipo. Cabe lembrar que este quadro foi específico para as condições climáticas apresentadas no período de leitura, considerando-se também as condições de implantação. A amplitude térmica registrada no protótipo foi de 4,8°C, em média, e, para o abrigo, foi de 9,3°C. Estes valores indicam também um desempenho favorável ao protótipo.

Quanto às temperaturas do período de inverno, observou-se o seguinte:

- no período da 1h às 7h da manhã, a temperatura do protótipo apresenta-se, em média, 4°C mais elevada do que a temperatura do abrigo meteorológico, em torno de 9°C para este e de 13°C para aquele;
- durante o período das 8h às 18h, a média das temperaturas no protótipo, gira em torno de 18,5°C e no abrigo em torno de 21,5°C, resultando uma diferença de 3°C;
- no período de 19h às 24h, no protótipo, a temperatura média dos cinco dias é de 17°C, e no abrigo é de 13°C, sendo a temperatura do protótipo, 4°C mais elevada que a do abrigo.

Quanto à amplitude térmica, a do protótipo foi de 9°C em média, e a do abrigo foi de 16,6°C.

#### **5.1.2 Análise da Umidade Relativa**

A umidade relativa do ar externo, medida durante a semana de verão apresentou-se elevada, com chuvas frequentes e, conseqüentemente, a umidade relativa dentro do protótipo, manteve-se elevada com pequena amplitude. O armazenamento de umidade dentro do protótipo pode ser explicado pelas condições de implantação sombreadas com muita vegetação no entorno.

A madeira, sendo um material higroscópico, possui a capacidade de absorver com facilidade a umidade do ar. Teoricamente teria também a facilidade de perdê-la. Entretanto, pelas condições em que o protótipo se encontra, esta perda de umidade não aconteceu, mantendo, assim, a umidade constante.

A umidade relativa, dentro do protótipo, no período de inverno, apresentou-se também bastante elevada. Ficou em média 76%, mesmo durante o período em que a umidade externa era muito baixa. Este período compreendeu entre 9h e 17h, e a umidade relativa ficou em média 53%. Este fato pode ser explicado pelas condições desfavoráveis de implantação sombreada, e pelo fato das medições serem realizadas com portas e janelas fechadas.

### 5.1.3 Aplicação do Método de Fanger para Análise do Conforto Térmico

Neste trabalho, foram adotados os valores médios para o metabolismo, eficiência mecânica e resistência térmica das vestimentas (Clo: índice de resistência térmica total em função dos valores apresentados individualmente pelas vestimentas) a partir das respectivas tabelas A.1 e A.2, encontradas no Anexo 2 e 3 de AKUTSU et al (1987). Os valores dos parâmetros de conforto térmico, fixados na avaliação do protótipo, utilizados como dados para entrar no programa computacional do Método de Fanger, foram:

- taxa metabólica dos ocupantes de  $70 \text{ W/m}^2$  equivalente à execução de serviços leves, com eficiência mecânica que corresponde a **0 (zero)**;

- resistência térmica total das roupas igual a **0.35 Clo**, roupas leves de verão, e **1.20 Clo**, roupas pesadas típicas de inverno;

Adotando valores na caracterização das exigências humanas e utilizando os resultados horários das variáveis de conforto térmico (temperatura, umidade relativa do ar interior e da temperatura radiante média do ambiente, através do Método de Fanger) obteve-se o "Voto Médio Estimado"(VME) e a "Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas"(PPI). Conforme JABARDO (1984, p. 17), "A ASHRAE (1981), através de sua Norma SS-74, recomenda que a porcentagem de pessoas insatisfeitas seja limitada a 20%", correspondendo a valores de Voto Médio Estimado entre -0,82 e + 0,82 .

**Verão:** para a situação de verão, admitem-se as condições de atividades moderadas, utilizando-se roupas leves. Estando o protótipo fechado, a ventilação interna foi considerada zero.



Horários			Madrugada			Manhã					Tarde					Noite										
Data	T <sub>máx</sub>	T <sub>mín</sub>	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
15.3.93	27	22,5																								
16.3.93	26,5	22																								
17.3.93	27,5	21																								
18.3.93	27,5	21,5																								
19.3.93	25	20,5																								

situação de conforto com Clo = 0,35 e Tx. Metab.=70 W/m<sup>2</sup>

**Quadro 1. Horários em que o protótipo apresenta situação de conforto - Verão**

A temperatura baixa, em muitos horários, fez com que a maioria das pessoas sentissem frio, não atingindo a situação de conforto no protótipo nos horários da noite, da madrugada e parte da manhã. Considerando uma outra situação, tomando como por exemplo a noite e a madrugada (23h às 7h), onde as pessoas estariam normalmente em repouso com uma coberta leve, obtiveram-se os seguintes resultados:

Horários			Madrugada						Manhã						Tarde						Noite					
Data	Tmáx	Tmín	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
15.3.93	27	22,5																								
16.3.93	26,5	22																								
17.3.93	27,5	21																								
18.3.93	27,5	21,5																								
19.3.93	25	20,5																								


 situação de conforto com Clo = 0,35 e Tx. Metab.=70 W/m<sup>2</sup>  
 situação de conforto para noite e madrugada com Clo = 1,00 e Tx. Metab.=45 W/m<sup>2</sup>

**Quadro 2 - Horários de conforto considerando situação de repouso – Verão**

Como pode ser observada, no quadro 2 a situação de conforto alcançada pelo protótipo aumentou significativamente, dependendo das atividades realizadas. Nos horários da noite e da madrugada, considerando a resistência térmica da roupa igual a 1,00 e taxa metabólica de 45 W/m<sup>2</sup>, obteve-se satisfação das pessoas apenas nos horários assinalados no quadro 2.

**Inverno:** para a situação de inverno, admitem-se as condições de atividades moderadas, utilizando roupas pesadas, estando o protótipo fechado, a ventilação interna foi considerada zero confirmado através das medições. Nestas condições, o protótipo apresentou situação de conforto, utilizando o Programa de Fanger nos horários apresentados no quadro 3.




Horários			Madrugada						Manhã						Tarde						Noite					
Data	Tmáx	Tmín	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
21.6.93	21	11,5																								
22.6.93	22	12																								
23.6.93	22	13																								
24.6.93	21,5	13																								
25.6.93	22,5	14,5																								

 situação de conforto com Clo = 1,20 e Tx. Metab.=70 W/m<sup>2</sup>

**Quadro 3 - Horários que o protótipo apresenta situação de conforto – Inverno**

A semana medida caracterizou-se por um período seco com uma umidade relativa baixa para os horários diurnos. A temperatura baixa, em muitos horários, fez com que a maioria das pessoas sentissem frio durante a noite e a madrugada, não atingindo a situação de conforto no protótipo. Considerando a situação de repouso, no período compreendido das 23h às 7h, onde as pessoas estariam normalmente com uma coberta pesada, adotando para esta situação o valor da resistência térmica da roupa igual a 3,00, obteve-se a situação de conforto no ambiente nos horários apresentados no quadro 4.

Horários			Madrugada						Manhã						Tarde						Noite					
Data	Tmáx	Tmín	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
21.6.93	21	11,5																								
22.6.93	22	12																								
23.6.93	22	13																								
24.6.93	21,5	13																								
25.6.93	22,5	14,5																								

 situação de conforto com Clo = 1,20 e Tx. Metab.=70 W/m<sup>2</sup>  
 situação de conforto para noite e madrugada com Clo = 3,00 e Tx. Metab.=45 W/m<sup>2</sup>  
 situação de conforto para noite e madrugada com Clo = 1,20 e Tx. Metab.=99 W/m<sup>2</sup>

**Quadro 4 - Horários de conforto considerando situação de repouso - Inverno**

Nos outros horários, mantendo a resistência da roupa igual a 1,20 e admitindo-se o valor da taxa metabólica igual a 99 W/m<sup>2</sup>, correspondente as atividades pertinentes nestes horários, obteve-se o conforto térmico.

#### 5.1.4 Atribuição de Níveis para Avaliar o Desempenho Térmico do Protótipo

Através dos resultados apresentados pelo protótipo, com a utilização do Método de Fanger e aplicando-se os critérios de atribuição de níveis de AKUTSU & VITTORINO (1992), verificou-se que para o período medido no **verão**, o protótipo foi classificado como nível "**B**", pois as condições internas não proporcionaram conforto, durante todas as horas do dia, mas apenas em alguns horários; e a temperatura máxima do ar registrada, no interior do protótipo, foi menor do que a temperatura máxima do ar exterior, para todo período medido.

Quanto à aplicação dos critérios de atribuição de níveis para o período de **inverno**, o protótipo pode ser classificado como nível "**B**", pois o ambiente apresenta condições de satisfação de conforto em alguns horários do dia. Para os períodos da noite e da madrugada, onde as temperaturas do ar eram mais baixas, só se obteve conforto adotando valores para a resistência térmica da roupa igual a 3,00 e, para a taxa metabólica, valores coerentes conforme as atividades realizadas. Apesar de obter conforto em todos os horários adotando-se estes valores, considera-se o valor de 3,00 para a resistência da roupa, como sendo um valor relativamente alto. Desta forma, manteve-se a classificação do período de inverno como nível "**B**".

## 6. CONCLUSÃO

Apesar das condições de implantação não serem ideais, o desempenho do protótipo foi razoável se comparado com outros sistemas construtivos em madeira. O protótipo analisado sempre permaneceu com uma diferença de temperatura a seu favor, ao contrário de alguns sistemas construtivos em madeira em que as paredes de fechamento são mais finas, como o sistema de parede de tábua e mata-junta, onde a temperatura interna varia conforme a temperatura externa e apresentam praticamente o mesmo valor.

Através dos resultados apresentados pelo protótipo, das leituras e de algumas observações pessoais, foram feitas as seguintes observações:

- no interior do protótipo, mesmo nas condições de inverno, a umidade relativa apresentou-se bastante elevada, sensação esta que era facilmente percebida ao entrar no protótipo para realizar as leituras. Isto se deve a alguns fatores, tais como: condições de implantação apresentadas pelo protótipo, ou seja, sombreado, ausência de ventilação e também pelo fato do protótipo possuir um piso de cimento queimado de pequena espessura, colocado diretamente em contato com o solo, e que provavelmente, por capilaridade, adquiriu umidade, transferindo para o interior;
- a diferença verificada entre a temperatura e a umidade relativa externa, em relação ao interior do protótipo, confirma que o sistema de parede, com sobreposição de toras de pinus de 9,5cm, é isolante;
- o resultado obtido através da aplicação do Programa de Fanger mostra que no inverno, em alguns horários da manhã e da noite, as pessoas estavam desconfortáveis, sentindo frio. Entretanto, se considerasse a existência de fontes geradoras de calor, no interior do protótipo, passaria a ter mais horários com pessoas em satisfação de conforto.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKUTSU, M.; SATO, N.M.N.; PEDROSO, N.G. (1987) Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares: manual de procedimentos para avaliação. São Paulo, (*publ. 1732*). IPT, 74p.
- AKUTSU, M.; VITTORINO, F. (1992) Critérios para a avaliação do desempenho térmico de edificações não condicionadas. *A Construção*, n.39, p.21-24, 1992. São Paulo - Encarte Técnico IPT/PINI.
- ALVES, S.A.; CARVALHO, T.C.P. (1992) Diretrizes de projeto para a obtenção de conforto térmico. (*Trabalho de disciplina - Conforto térmico - EESC/USP*) São Carlos, 38p, 1992.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas (1961-1990). Brasília, D.F., Serviço de Produção de Informação - SPI/EMBRAPA, 1992.
- CLARO, A. (1991) A produção de casas de madeira em Santa Catarina. São Paulo, v. 1, 288p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.
- INO, A.(1992) Sistema estrutural modular em eucalipto roliço para habitação. São Paulo, 212p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS.( 1981) Conforto higrotérmico. - avaliação de desempenho de habitações térreas unifamiliares. São Paulo, v.4, 61p, 1981.
- JABARDO, J.M.S. (1984) Conforto térmico. São Paulo, IPT/ETERNIT. (Comunicação Técnica, n.348).
- RORIZ, M. (1987) Zona de conforto térmico: um estudo comparativo de diferentes abordagens. São Carlos, 133p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SOUZA, L.C.L. (1990) Desempenho térmico de coberturas leves: aplicação do modelo NBSLD. São Carlos, 117p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- TOLENTINO, M. (1967) Estudo crítico sobre o clima da região de São Carlos. São Carlos, 78p. (Concurso Municipal de Monografias) - Universidade de São Paulo.
- VIANNA, N. S. (s./d.) Normas estabelecendo requisitos mínimos de habitabilidade nas habitações de interesse social: 4º relatório. MEC / UFRGS - PROPAR. Porto Alegre.