



**III ENCONTRO NACIONAL
I ENCONTRO LATINO-AMERICANO**

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE COBERTURAS LEVES PARA A
CIDADE DE SÃO CARLOS - SP**

Léa Cristina Lucas de Souza, Arquiteta, MSc

Universidade Estadual Paulista

Av. Eng^o Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/n - CEP 17.033-000 - Bauru - SP

Tel.: (0142)30-2111 r.146; Fax: 30-4470

Eduardo Cleto Pires, Eng^o Produção, Doutor em Engenharia

Universidade de São Paulo

Escola de Engenharia de São Carlos

Rua Dr. Carlos Botelho 1465 - CEP 13.560-250 - São Carlos - SP

RESUMO

Para avaliar o desempenho térmico de coberturas leves para a cidade de São Carlos, são estudados três protótipos de edificação com coberturas de argamassa armada, barro e fibrocimento. São verificados parâmetros térmicos de temperatura do ar, temperatura radiante, temperaturas superficiais e umidade relativa, tanto interna como externamente, sob diferentes condições climáticas. A partir dos dados obtidos, são construídas as curvas de desempenho térmico de cada um dos protótipos. Foi constatado que as coberturas leves estudadas permitem uma grande variação das temperaturas do ar interno, algumas vezes, igualando-se àquelas ocorridas externamente. ,

ABSTRACT

In order to evaluate the thermal performance of lightweight roofs for the city of São Carlos, three prototypes with different kind of roofs -- ferrocement, clay tile and asbestos cement -- were studied. Thermal parameters such as air temperature, radiant temperature, superficial temperature and relative humidity were collected. These data were plotted on graphics allowing the verification of thermal performance for each one of the prototypes. The results showed that the examined lightweight roofs permit great internal air temperature variation, sometimes reaching the same value of the external one.

PALAVRAS-CHAVE

desempenho térmico; coberturas leves; conforto térmico

1 INTRODUÇÃO

Dentro do quadro tecnológico e das necessidades habitacionais brasileiras, se encontra o uso, cada vez maior, de coberturas leves (cimento-amianto, zinco, alumínio, telhas cerâmicas ou argamassa armada), por serem componentes, que requerem menor custo e de maior praticidade com relação a sua aplicação.

Contudo, raras são as preocupações com a adequação dessas habitações às exigências de conforto do usuário. Há ainda, sob este aspecto, um agravante, pois a cobertura é o elemento da edificação mais exposto à radiação solar. É, portanto, um componente responsável por grande parte do fluxo de calor transferido ao ambiente interno.

Assim sendo, este trabalho objetiva verificar o desempenho térmico de coberturas leves para a cidade de São Carlos (SP).

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de São Carlos está situada no interior do Estado de São Paulo, tendo como coordenadas geográficas 22°01'S de latitude, 47°54'O de longitude e 854 m de altitude. Sua localização em planalto e dividindo as bacias do Rio Pardo e Tietê, impõe características climáticas específicas, que são acentuadas pela sua situação topográfica. Entre os municípios circunvizinhos, é o de maior altitude, estando sujeito a intensa ventilação e insolação.

Distingue-se uma estação de verão úmido e outra de inverno seco. A escassa precipitação, de maio a setembro, e a baixa umidade relativa, de junho a outubro, caracterizam a estação seca. No verão, ocorre a maior taxa de precipitação e umidade.

Segundo TOLENTINO (1967), as temperaturas médias do ar são mais altas de dezembro a março (entre 22 e 23 °C), sendo janeiro o mês de temperaturas mais elevadas. O inverno é a estação com maiores amplitudes térmicas, sendo verificada, em julho, a média das temperaturas mínimas mais baixa (6,05°C). Os meses de agosto e setembro apresentam as menores umidades relativas (entre 30 e 32 %) do ar.

Os ventos dominantes são os de nordeste, com maior frequência em maio, podendo alcançar, durante o ano, uma velocidade de até 3,5m/s. Os de sudeste são mais frequentes no início e fim da estação quente, com velocidades de 4 m/s. Este deslocamento do ar nos quadrantes N-E e S-E é predominante devido à falta de obstáculos naturais na área, correspondendo as menores velocidades aos ventos de sudoeste e oeste.

3 COBERTURAS ANALISADAS

Para o estudo proposto foram utilizados três protótipos experimentais em escala natural, implantados na Escola de Engenharia de São Carlos da USP. A diferença básica entre eles é o material empregado na cobertura: argamassa armada, telha francesa e telha de fibrocimento; sendo iguais as demais características construtivas.

Os protótipos são unicompartimentais, perfazendo uma área útil de 5m² cada um. Suas paredes são constituídas por tijolos maciços, caiados externamente. Sua porta está localizada na fachada leste, enquanto que a janela, de venezianas, está locada na parede norte, sendo ambas de madeira. O piso é em concreto aplicado diretamente no solo e as coberturas apresentam 29% de inclinação.

Os protótipos têm igual orientação, como pode ser observado na Figura I.

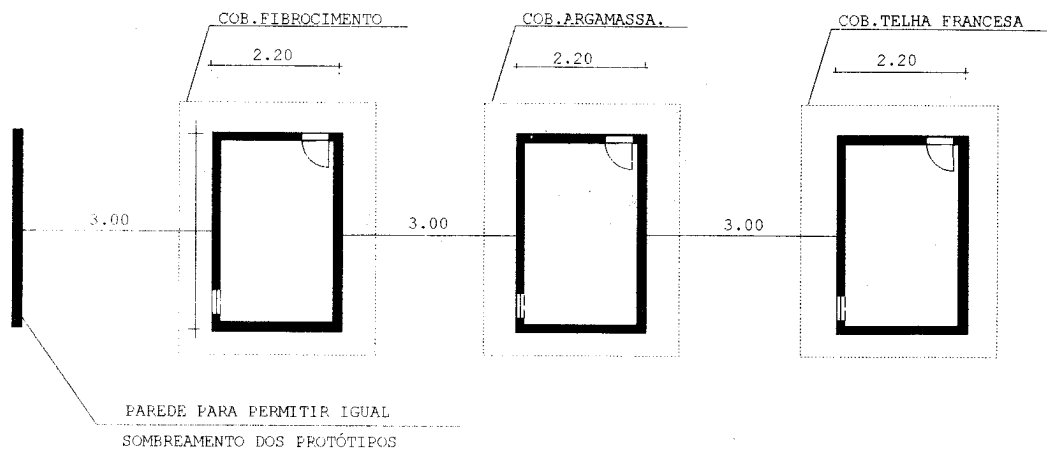


Figura I - Implantação dos Protótipos

Foram medidos parâmetros térmicos de temperatura de bulbo seco do ar exterior; temperatura de bulbo úmido do ar exterior; temperatura de bulbo seco do ar interior; temperatura de bulbo úmido do ar interior; temperatura radiante interna; umidade do ar interior e exterior; temperatura superficial interna da cobertura; temperatura superficial externa da cobertura.

Com o objetivo de adquirir dados para diversas condições climáticas, foram escolhidos cinco dias de análise, que são descritos na Tabela I.

Tabela I. Dados Climáticos Médios para os Dias de Análise

Dia/Mês/Ano	Temperatura Máx Mín °C	Umidade Relativa %	Velocidade do Vento m/s	Condição de Céu
10.04.90	29,0 - 17,0	71,42	0,20	claro
13.04.90	28,0 - 19,0	71,17	0,80	nublado
30.04.90	24,5 18,0	80,30	0,50	nuvem e chuva esparsa
14.06.90	23,5 - 14,0	69,96	1,72	nuvens esparsas
27.08.90	23,5 - 16,0	79,21	2,10	chuva
12.09.90	29,5 - 14,5	54,29	2,00	claro e chuva a noite

4 RESULTADOS

Os parâmetros medidos permitiram a elaboração de diversos gráficos comparativos, dos quais cinco são apresentados nos gráficos de I a V.

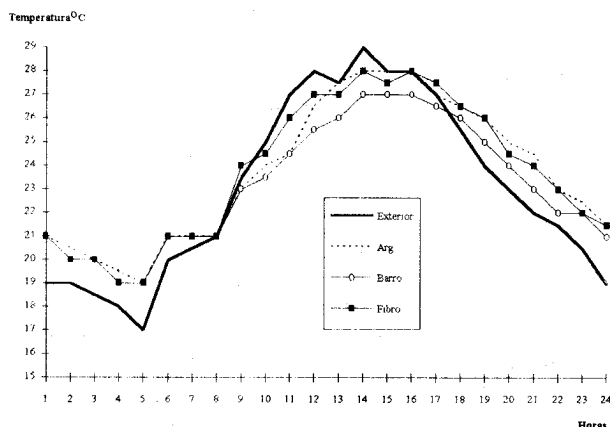


Gráfico I. Temperatura de Bulbo Seco para o dia 10.04.90

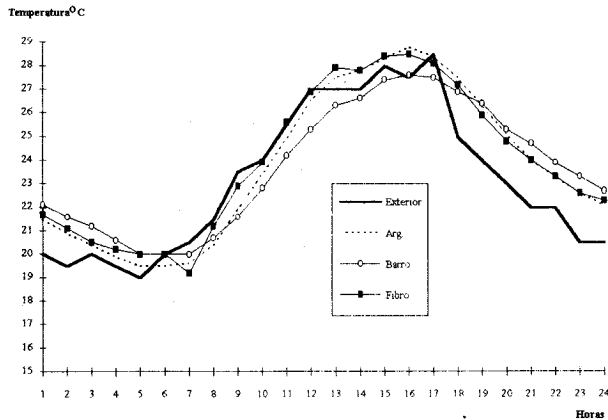


Gráfico II. Temperatura Radiante para o dia 13.04.90

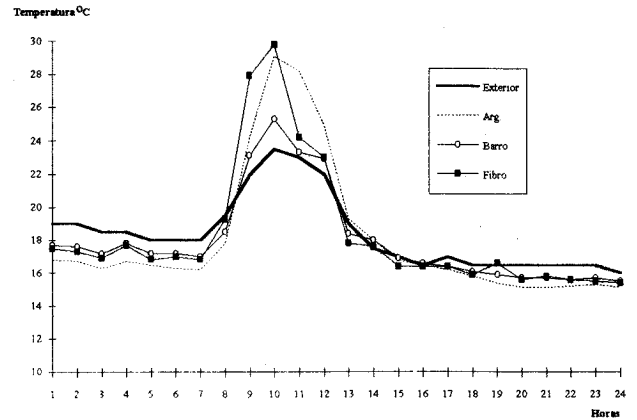


Gráfico IV. Temperatura Superficial Interna para o dia 27.08.90

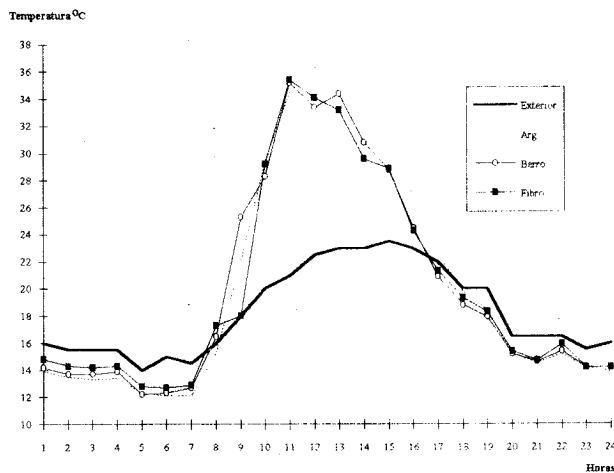


Gráfico III. Temperatura Superficial Externa para o dia 14.06.90

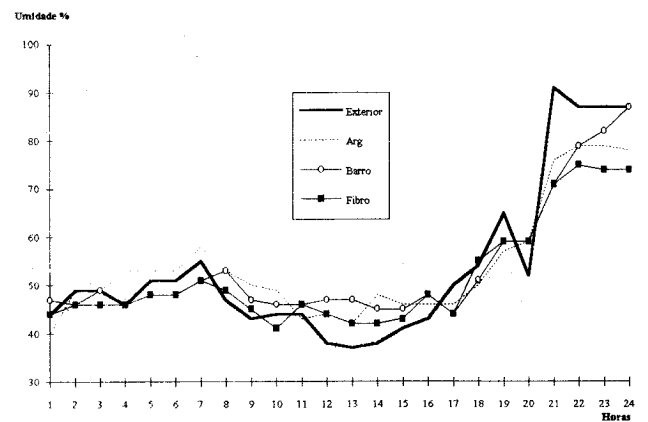


Gráfico V. Umidade Relativa para o dia 12.09.90

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Temperatura de Bulbo Seco

O atraso e o amortecimento, que proporcionaram os materiais utilizados, foram praticamente iguais e de baixos índices para os três ambientes.

Esta propriedade se revelou uma característica das coberturas leves utilizadas. Por sua espessura e densidade, estas proporcionaram, aos ambientes, as variações de temperaturas internas praticamente iguais às variações exteriores.

Verificou-se, no entanto, valores mais significativos de amortecimento e retardo térmico, para o ambiente coberto com telha francesa (telha de barro).

5.2 Temperatura Radiante

Considerando-se que, uma das condições para a obtenção do conforto térmico apropriado, é que, as diferenças entre temperatura radiante e de bulbo seco não ultrapasse 6°C (Rivero, 1985), as temperaturas radiantes medidas e simuladas para os três protótipos, nos diversos dias de análise, atenderam esta condição. Indica-se,

no entanto, que esta relação isoladamente não significa o alcance do conforto térmico humano, devendo ser consideradas as variáveis de velocidade do ar, umidade relativa e temperaturas superficiais.

As menores diferenças entre estas temperaturas, quando medidas, corresponderam ao protótipo com cobertura de barro, e as maiores ao coberto com fibrocimento.

Nos resultados medidos, as temperaturas radiantes dos três protótipos foram sempre superiores ao da temperatura de bulbo seco externa, correspondendo ao de fibrocimento os mais altos índices. Este fato é justificado pela emissividade que o material apresenta, conforme a temperatura alcançada.

5.3 Temperatura Superficial Interna

Para a obtenção de conforto térmico, as superfícies internas, que rodeiam o indivíduo, não devem apresentar temperaturas de grandezas muito diferentes. No entanto, para os horários de maior incidência da radiação solar, as coberturas tendem a alcançar temperaturas de valores mais elevados do que as paredes, que estão mais sujeitas à sombra.

As temperaturas superficiais internas medidas expressaram índices mais baixos para a cobertura de barro, enquanto que as coberturas de fibrocimento e de argamassa armada atingiram valores de mesma grandeza, com uma pequena tendência da argamassa armada ter temperaturas mais altas do que a de fibrocimento, para determinados horários. Este fator é decorrente da condutividade e do calor específico de cada um destes materiais, de modo que quanto menor é o calor específico e maior é a condutividade, mais altas são as temperaturas superficiais encontradas.

5.4 Temperatura Superficial Externa

As temperaturas superficiais externas medidas resultaram em valores mais altos para a cobertura de argamassa armada, nos horários de maior radiação solar. Os índices mais baixos entre elas se referiram à telha de barro, ocorrendo, para a de fibrocimento, valores pouco maiores que este último.

5.5 Umidade Relativa

A umidade relativa medida do ambiente interno se manteve a níveis inferiores à umidade externa, no período inicial do dia, passando a ser superior nos horários para os quais a umidade relativa externa assumiu níveis mais baixos. Situação que se repetiu para todos os dias de análise e tipos de materiais adotados.

Observação: Paralelamente a este trabalho, os resultados obtidos permitiram uma comparação entre dados reais colhidos em campo e aqueles simulados por um modelo computacional para cálculo de desempenho térmico de edificações (NBSLD). Esta avaliação revelou que o modelo testado promove resultados satisfatórios, desde que aplicado aos dias com baixa umidade relativa do ar, caso contrário, existe uma grande defasagem entre valores simulados e reais, conforme pode ser verificado em SOUZA (1990).

6 CONCLUSÃO

Conforme esperado, devido às características dos materiais analisados, a cobertura de barro é a que proporcionou melhor desempenho térmico, para o local de análise.

Como a cidade de São Carlos está sujeita a grandes amplitudes térmicas, as coberturas leves analisadas (argamassa, fibrocimento e barro), possibilitaram variações de temperatura próximas as do ar exterior. Isto significa que, em termos de proteção térmica, estas coberturas colaboram precariamente para o conforto humano nestas condições climáticas estudadas.

Muitas vezes, devido exatamente ao desconforto térmico causado, o usuário é forçado a adotar soluções existentes no mercado, que implicam num custo muito alto da construção. Assim, a intenção inicial de serem usadas coberturas leves para o mais baixo custo, torna-se contraditória.

Isto evidencia a necessidade ainda existente de serem desenvolvidos materiais construtivos de baixo custo, que levem em consideração os fatores térmicos, desde a sua fase de produção.

7 BIBLIOGRAFIA

- AKUTSU, Maria. *Aplicação do método dos fatores de resposta para a determinação da resposta térmica de edificações*. São Paulo, 1983. 82p. Dissertação de Mestrado em Engenharia, Universidade de São Paulo.
- FERREIRA, Osny P./SOUZA, Léa C. L. de. Condutividade térmica e calor específico da argamassa de cimento para uso em argamassa armada In: *JORNADAS SUL-AMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL*, XXV, Porto Alegre - RS, 1991.
- KUSUDA, Tamami. *NBSLD, The computer program for heating and cooling loads in buildings*. Washington, Department of Commerce, Elliot L. Richardson, 1976. 398p.
- LAMBERTS, Roberto. *Desempenho térmico de coberturas leves com ático: bancada de testes e modelo matemático*. Porto Alegre, 1983. 96p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- McINTYRE, D. A. *Indoor climate*. London, Applied Science, 1980. 443p.
- RIVERO, Roberto. *Arquitetura e clima. Acondicionamento térmico natural*. Porto Alegre, D.C.Luzzatto, 1985. 239 p.
- SATO, Neide M.N. *Modelos para o cálculo de temperaturas e fluxos de calor em coberturas*. São Paulo, 1984. 117p. Dissertação de Mestrado em Engenharia, Universidade de São Paulo.
- SOUZA, Léa C.L. de. *Desempenho térmico de coberturas leves: aplicação do modelo NBSLD*. São Carlos, 1990. 117p. Dissertação de Mestrado em Arquitetura, Universidade de São Paulo.
- STRAATEN, J.F. Van. *Thermal performance os buildings*. London, Elsevier, 1987. 311p.
- TOLENTINO, Mario. *Estudo crítico sobre o clima da região de São Carlos*. São Carlos, s.c.p., 1967. 78p. Concurso de Monografias