



AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES TÉRMICAS DE UM PROTÓTIPO EM  
ARGAMASSA ARMADA NA CIDADE DE SÃO CARLOS (SP)

LÉA CRISTINA LUCAS DE SOUZA

Universidade de São Carlos  
Escola de Engenharia de São Carlos

RESUMO

O trabalho objetiva verificar o comportamento térmico da argamassa armada para as condições climáticas da cidade de São Carlos. São examinadas as características climáticas desta cidade e é verificado, através de simulação em computador, o desempenho térmico de um protótipo. São ainda testadas possíveis soluções para que o protótipo ofereça melhores condições de conforto térmico.

ABSTRACT

The aim of this study is to verify the thermal performance of the reinforced mortar to the climatic conditions of the city of São Carlos. It is examined the climatic characteristics of this city. From the computer simulation is verified the thermal performance of the prototype. In order to obtain the best conditions for the thermal comfort, possible solutions are also tested.

1 INTRODUÇÃO

O conforto térmico é uma necessidade real do ser humano que, intuitivamente, sempre procurou um abrigo para se proteger das condições climáticas a que está exposto.

No entanto, o desenvolvimento da construção civil provocou mudanças nas exigências do homem, que passou a admitir o conforto ambiental como plano secundário.

A grande variedade de materiais construtivos e a despreocupação em adaptar as edificações ao clima acarretaram na aplicação inadequada destes materiais em relação ao conforto térmico.

O estudo do desempenho térmico de edificações permite avaliar a compatibilidade das mesmas à região em que estão implantadas. Baseado nestes fatos, este trabalho tem como objetivo verificar o desempenho térmico da argamassa armada para as características climáticas específicas da cidade de São Carlos (SP), tendo como objeto de estudo um protótipo desenvolvido experimentalmente pela Escola de Engenharia de São Carlos.

2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS GERAIS DE SÃO CARLOS

2.1 Normais Climatológicas

São Carlos, município situado no estado de São Paulo, tem como coordenadas geográficas os seguintes dados: latitude = 22°01' S, longitude = 47°54' O e altitude = 854 m. Sua situação geográfica em relação às cidades

circunvizinhas impõe características climáticas específicas, com intensa ventilação e insolação.

Tolentino (1967) apresenta as seguintes médias para as normais climatológicas de São Carlos:

- pressão: 690,67 mmHg
- temperatura: 21,3°C
- umidade: 66,3%
- temperatura sensível: 17,1 °C
- evaporação: 1431 mm
- precipitação: 1520,6 mm
- ventos dominantes: nordeste

2.2 Classificação do Clima de São Carlos

Alucci (1981) propõe um zoneamento para o estado de São Paulo, baseado na homogeneidade climática das regiões, determinando cinco zonas no período de inverno e seis no período de verão.

Deste modo, a cidade de São Carlos enquadra-se na zona C<sub>1</sub> (período de verão) e C (período de inverno), que são zonas com as seguintes características climáticas:

Zona C<sub>1</sub> - verão:

- temperaturas médias diárias -19 < t < 22°C
- temperatura média das máximas (janeiro) 27,3°C
- U.R. média anual - 75%
- U.R. média das mínimas (janeiro) - 60%

Zona C - inverno:

- temperatura média diária (julho) - 15 < t < 18

- temperatura média das mínimas (julho) - 8°C
- U.R. média anual - 75%
- U.R. média das máximas (julho) - 90%

### 2.3 Critérios para a Construção em São Carlos

Ainda baseada no estudo de Alucci (1981), a temperatura interior aconselhável para as cidades localizadas na zona C<sub>1</sub> e C é:

- verão: 26°C para velocidade do ar 0,01 m/s  
27,5°C para velocidade do ar 0,5 m/s
- inverno: 18°C

Analisando os gráficos apresentados neste mesmo estudo, para a zona C<sub>1</sub> é possível afirmar que:

- no dia típico de verão a amplitude térmica é da ordem de 9°C, mostrando a necessidade da construção oferecer uma elevada inércia térmica;
- as paredes e cobertura devem ser pesadas;
- os vãos de ventilação e insolação devem propiciar mecanismos de controle para a radiação solar e o vento.

Aplicando-se ainda a carta psicométrica de Givoni (1981) para a cidade de São Carlos, as seguintes observações podem ser feitas:

- durante uma parte do ano as condições climáticas permitem uma situação de conforto térmico e bem-estar;
- os meses de verão são os que levam à necessidade de ventilação natural no interior das edificações;
- no inverno há necessidade de aquecimento e umidificação;
- as construções devem ser pesadas.

Quando são aplicadas as tabelas de Mahoney (apud Koenigsberger, 1977), obtêm-se algumas recomendações para a construção em São Carlos:

- traçado: edifícios orientados sobre o eixo norte-sul, para reduzir a exposição ao sol;
- espaçamento entre edificações: protegido do vento quente e frio;
- ventilação: edifícios em fileira dupla com dispositivo temporal para o movimento do ar;
- dimensões das aberturas: intermediárias, 20 a 35% da superfície da parede;
- posição das aberturas: nas paredes N e S à altura do corpo no lado exposto ao vento, incluindo abertura das paredes;
- proteção das aberturas: proteger da insolação direta;
- paredes episos: pesados (mais de 8 horas de tempo de transmissão térmica);

- coberturas: pesadas (mais de 8 horas de tempo de transmissão térmica).

### 3 CARACTERÍSTICAS DO PROTÓTIPO

O protótipo em análise consiste em uma casa térrea, construída em argamassa armada, sendo toda a sua vedação de painéis auto-portantes de 0,50 m de largura e 0,015 m de espessura. A cobertura é formada pela superposição do mesmo material.

A disposição de seus cômodos pode ser observada na Figura 1.

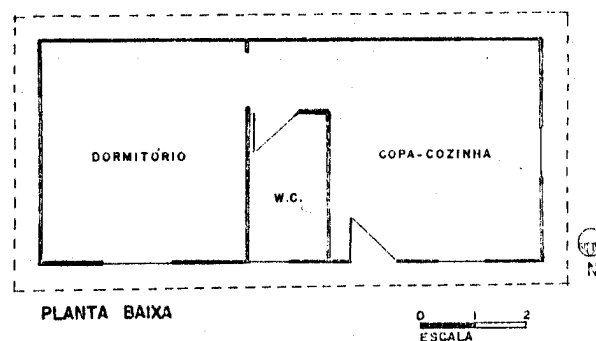


Figura 1

A argamassa armada possui um coeficiente de transmissão de calor próximo ao do concreto comum, da ordem de 1,3 W/m.°C.

Os painéis utilizados são leves e esbeltos, o que, a uma primeira análise, conduz a um baixo grau de inércia térmica.

### 4 DESEMPENHO TÉRMICO DO PROTÓTIPO

Para o estudo do desempenho térmico do protótipo são realizadas simulações em computador, sendo assim possível avaliar a compatibilidade do sistema construtivo ao clima local, em termos de conforto térmico.

#### 1ª Simulação

Inicialmente, é feito um estudo para o protótipo com suas características atuais. Para isso considerou-se uma situação de verão, com janela aberta, cobertura e fachadas com cores médias e ocupação noturna.

Os resultados obtidos revelam que:

- as temperaturas internas mantêm uma diferença de 2 a 3 °C acima das temperaturas externas, caindo durante a noite;
- as temperaturas da superfície externa da cobertura são sempre maiores do que as das fachadas;
- o período mais crítico em termos de conforto térmico é das 12 às 18 horas;
- a umidade relativa é alta durante a noite, tendo uma queda no decorrer do dia;

- o ganho de calor pelas fachadas é maior às 16 horas e a perda é maior entre 4 e 5 horas da manhã;

- a renovação do ar no período das 9 às 21 horas representa ganho de calor, enquanto das 22 às 7 horas da manhã significa perda do mesmo.

Analisando-se estes dados observa-se que, o calor externo é rapidamente transmitido ao interior do ambiente, provocando um grande ganho de carga térmica e conseqüente desconforto ao usuário no período de verão.

#### 2ª Simulação

Para diminuição do fluxo de calor é então sugerida a pintura, tornando o protótipo mais claro e com maior reflexão. Sendo consideradas as mesmas circunstâncias para o verão, concluiu-se que:

- as diferenças de temperatura interna e externa diminuem, havendo um período, na parte da tarde, em que se igualam e a temperatura interna chega a alcançar limites ligeiramente mais baixos;
- as temperaturas de superfície sofrem ligeira diminuição;
- os ganhos de calor por fachadas e cobertura são menores;
- o ganho por decorrência da ventilação torna-se menor;
- a porcentagem de pessoas insatisfeitas diminui nos períodos mais críticos, porém na madrugada e às 13 horas continua sendo de 100%. No período das 3 às 5 horas esta insatisfação é atribuída à baixa temperatura.

Portanto, adotando-se uma pintura mais clara melhoram as condições internas de conforto, porém não solucionam o problema por completo, na época de verão.

#### 3ª Simulação

Procurando-se resolver ainda mais o problema do desempenho térmico apresentado pelo protótipo, pode-se simular uma alteração na cobertura, de maneira que esta passe a ser de argamassa dupla com pequena camada de ar. Assim os resultados indicam que:

- as temperaturas internas tornam-se mais agradáveis durante grande parte do dia;
- não existe possibilidade de condensação nas superfícies;
- as temperaturas de superfície sofrem uma queda;
- a transmissão de calor total é menor;
- o número de pessoas insatisfeitas diminui;
- a temperatura interna iguala-se a externa na parte da tarde, porém na madrugada mantém-se acima da exterior.

Pode-se então notar que, as condições melhoram bastante, havendo maior possibilidade de propiciar conforto ao usuário.

#### 4ª Simulação

Simulando-se uma situação de inverno para o protótipo, considerando suas características originais, da mesma maneira que a 1ª simulação, os resultados obtidos demonstram que:

- a temperatura interna se mantém agradável durante o dia, igualando-se a do exterior durante a madrugada;
- a média da U.R. é baixa durante o dia;
- a ventilação representa ganho de calor a partir das 10 horas, indo até às 21 horas, quando então torna-se perda do mesmo;
- o balanço térmico mostra ganho de calor até às 22 horas;
- na madrugada a porcentagem de pessoas insatisfeitas é alta, devido ao frio.

A janela aberta durante o dia parece ser um dos maiores problemas para a época do inverno, que faz com que as condições de conforto não sejam propícias, principalmente durante a madrugada. Esta é, no entanto, uma situação mais confortável do que a de verão, considerando-se que a abertura da janela é uma opção do usuário.

#### 5ª Simulação

Admitindo-se que para uma situação de inverno as janelas permaneçam fechadas, a simulação revela que:

- as temperaturas internas tornam-se maiores, porém são baixas a noite;
- às 14 horas a temperatura é desconfortável para o usuário;
- a cobertura fica mais sujeita a condensação, principalmente das 2 às 6 horas da manhã;
- a porcentagem de pessoas insatisfeitas aumenta durante a noite, porém diminui com o decorrer do dia.

Analisando-se estas observações, percebe-se que a situação de inverno é mais apropriada para esta edificação durante o dia, sendo, porém, ainda bastante problemática para as condições climáticas da madrugada.

#### 4.1 - Análise Geral

Através das diversas simulações verifica-se que o protótipo não oferece as condições de conforto necessárias ao usuário, nem para o verão, nem para o inverno.

A transferência de calor do exterior para o interior durante o dia, nas condições atuais em que se encontra o

objeto de estudo, é grande para o verão. Para uma situação de inverno, este ganho pode fornecer temperaturas agradáveis durante o dia, porém a baixa inércia térmica da argamassa armada leva à sensação de frio durante a noite.

O maior fluxo de calor é proveniente da cobertura, sendo esta muito leve para as condições climáticas da cidade de São Carlos.

A ventilação significa, muitas vezes, um ganho excessivo ou uma perda excessiva de calor, causando maior desconforto quando este ganho é no verão e a perda no inverno.

A simples pintura da construção, passando para uma cor mais clara, possibilita um melhor desempenho térmico, porém não resolve todo o problema.

A melhor opção, em termos de balanço térmico, é a 3ª Simulação, na qual a cobertura dupla e a cor branca são fatores essenciais na transmissão de calor.

Nenhuma das simulações, no entanto, confere um conforto adequado, colocando assim em questão a compatibilidade do processo construtivo às condições climáticas a que está submetido.

## 5 RECOMENDAÇÕES

Para que o protótipo apresente um comportamento térmico mais adequado, as suas características devem sofrer algumas modificações. São elas:

- aumento da inércia térmica;
- reconstituição da cor branca de suas superfícies;
- alteração na sua cobertura, para que tenha um peso maior, de maneira a aumentar o amortecimento da energia transmitida ao ambiente interno;
- as janelas devem permanecer fechadas, quando a renovação de ar significar ganho excessivo de calor, ou uma perda excessiva; por outro lado, estas devem ser abertas, quando permitirem um melhor desempenho térmico. A ventilação higiênica, no entanto, será sempre necessária.

Ressalta-se ainda que, a questão da alteração na cobertura promove um custo que pode se tornar incompatível à proposta inicial do projeto (população de baixa renda). Além disso, o aumento da inércia térmica muda as características do material utilizado.

Com isso, a adequação da edificação estudada ao clima local é questionável.

## 6 CONCLUSÃO

Os projetos de edificações devem sempre considerar a influência do clima sobre o ser humano, além da necessidade de economia de energia, para que assim sejam executadas construções adequadas às exigências de conforto.

Apesar da importância desses fatores, ainda são construídas habitações que não seguem os princípios a eles apropriados. Frequentemente são encontradas construções mal orientadas e/ou com materiais construtivos inadequados às condições climáticas, causando um maior consumo de energia e desconforto ao usuário.

O caso estudado neste trabalho é exemplo de uma atitude em que o interesse ficou centralizado na aplicação do processo construtivo, sem levar em consideração a envolvente climática. Não é, contudo, desvalorizado aqui o sistema construtivo e suas intenções, pois este possibilita a elaboração de diversas pesquisas e aperfeiçoamentos.

Os princípios bioclimáticos aplicados ao estudo da argamassa armada para São Carlos permitem afirmar que as características deste material necessitam de modificações para que a sua adequação aos aspectos climáticos locais possa ser propiciada.

## BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- AKUTSU, Mari/SATO, Neide/PEDROSO, Nelson. Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares: manual de procedimentos para avaliação. São Paulo, IPT, 1987.
- ALUCCI, M.P. Recomendações para adequação de uma edificação ao clima no estado de São Paulo. São Paulo, FAU-USP, 1981.
- ARAÚJO, Virgínia M. Aplicação de método de simulação do desempenho térmico de edificações. São Paulo, Esc. Politécnica da USP, 1987.
- GIVONI, B. Man, climate and architecture. London, Applied Science, 1981.
- KOENIGSBERGER/INGERSOLL/MAYHEW/SZOKOLAY. Viviendas y edificios en zonas calidas y tropicales. Madrid, Paraninfo, 1977.
- RORIZ, Maurício. "Clima e desempenho térmico de edificações habitacionais". In: Anais do Simpósio de conservação de energia nas edificações. São Paulo, Esc. Politécnica USP, 1989.
- TOLENTINO, M. Estudo crítico sobre o clima da região de São Carlos. São Carlos, Concurso de monografias municipais, 1967.