



III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

CASAS POPULARES DE CAMPINAS: ESTUDO DE SUA ADEQUAÇÃO AO CONFORTO TÉRMICO

Karin M. Chvatal¹ Estudante de Engenharia Civil
Lucila C. Labaki, Física, D.Sc.
Doris. C. C. K. Kowaltowski, Arq., PhD

Fac. de Engenharia Civil, UNICAMP
Caixa Postal 6021 - CEP 13081-970, CAMPINAS, SP
Tel. (0192) 398265; FAX (0192) 394823

RESUMO

Este trabalho mostra e avalia dados obtidos de casas populares de Campinas, SP, sobre o desempenho térmico das construções mais comumente encontradas nas periferias urbanas da cidade. Foram pesquisados tanto conjuntos habitacionais como bairros com características de autoconstrução. A pesquisa consistiu de aplicação de questionários, observações e medições "in loco". Estas foram realizadas em casas, modificadas ou não, de conjuntos habitacionais, no verão e no inverno. Para analisar as casas autoconstruídas foram feitas simulações. Em todos os casos, observamos situações de extremo desconforto, principalmente no verão, e estabelecemos uma correlação com elementos construtivos e de implantação. Propostas de soluções simples são apresentadas.

ABSTRACT

Data related to the thermal performance of houses, usually found in the outskirts of Campinas, SP, are shown and analysed in this paper. The data were collected in neighbourhoods with selfbuilt houses and public housing units. The research consisted in analysing questionnaire data, observations and "in loco" experimental measurements. The latter were done during summer and winter in either modified and non-modified houses. Simulations were used to study self-built houses. In all cases extreme discomfort was detected - especially during summer - correlated to constructive elements and siting of houses. Simple solutions to problems cited are presented.

PALAVRAS-CHAVE

Conforto térmico; avaliação de desempenho; conjuntos habitacionais; casas autoconstruídas,

INTRODUÇÃO

É fato reconhecido pelos profissionais que se preocupam com a habitação popular que em geral o desempenho térmico da moradia da população de baixa renda no Brasil apresenta sérios problemas de falta de conforto. Talvez pelo fato do clima ser ameno em quase todo o território, sem grandes extremos no inverno, e pela adaptação consciente da atividade e da vestimenta às temperaturas de verão, a preocupação dos próprios moradores com o conforto térmico fica relegada a plano secundário. Trabalhos anteriores sobre esse assunto,

¹Bolsista da FAPESP

realizados pelo IPT em São Paulo, SP, (Motta, 1975) analisaram conjuntos habitacionais constituídos por casas e prédios de apartamentos da Grande São Paulo, SP. Nesse trabalho foi constatado que, de três conjuntos analisados, os apartamentos de dois conjuntos não cumprem as exigências mínimas de conforto térmico. O presente trabalho tem como objetivo promover uma avaliação de desempenho térmico das casas populares de Campinas, SP, não somente através de uma análise técnica dos projetos e de medidas dos parâmetros ambientais, como também obtendo-se, através de entrevistas, dados subjetivos fornecidos pelos usuários. Estas informações foram extraídas da pesquisa sobre "Elementos Sociais e Culturais da Casa Popular na Metodologia de Projeto", apoiada pela FAPESP², com questionários suplementares abrangendo os aspectos térmicos. Para que se obtivesse um conjunto de dados correspondente à realidade da habitação popular da região de Campinas, foram pesquisados bairros com características de autoconstrução e conjuntos habitacionais. Foi constatada não só a qualidade precária dos projetos adotados, como também os problemas surgidos devido a condições de implantação e orientação inadequadas, os quais poderiam ser evitados ainda no processo de loteamento dos novos bairros.

METODOLOGIA

As áreas urbanas selecionadas para a pesquisa foram as do município de Campinas, SP, localizadas à esquerda da via Anhanguera, que representam uma predominância de implantações de conjuntos habitacionais e loteamentos da população de baixa renda. A população total neste setor, pelo censo de 1991, era de 254.300 habitantes, que representam 30,1% da população total do município, com faixa de um a dez salários mínimos de renda familiar e onde foram construídas 13.074 habitações em conjuntos habitacionais. (Prefeitura Municipal de Campinas, 1993; COHAB, INOCOOP, CDHU e o setor privado BHM e Shaim Cury). Dos cinco bairros e três conjuntos habitacionais selecionados para a pesquisa sobre "Elementos Sociais e Culturais da Casa Popular na Metodologia de Projeto", a amostra de bairros, para aplicação dos questionários não foi estratificada pela homogeneidade encontrada. Dos 97 bairros com características de autoconstrução e 33 Conjuntos Habitacionais da região, foram selecionados aleatoriamente cinco bairros e três conjuntos onde foram aplicados 524 questionários no total (120 *questionários extensos*, 404 *questionários direcionados*) e 150 *questionários extensos específicos*. Foram levantados dados sobre a moradia atual, hábitos, moradia de referência, detalhes da casa, do bairro, reformas e alterações efetuadas e pretendidas, níveis de satisfações e preferências quanto ao tipo de fachada e planta baixa, bem como o registro da casa no seu estado atual através de desenhos e fotografias, avaliações e observações. No total, 64 casas autoconstruídas e 95 casas de conjuntos habitacionais foram analisadas extensivamente. As casas foram classificadas em relação ao tipo de planta, áreas e número de cômodos, sua implantação e orientação solar.

Para levantar dados específicos sobre as condições térmicas, foram escolhidos três bairros com características de autoconstrução e dois conjuntos habitacionais, para os quais foram utilizados questionários suplementares sobre desempenho térmico. Esses questionários foram aplicadas a um total de 18 casas autoconstruídas e 37 casas dos conjuntos habitacionais. A pesquisa consistiu de três partes: pesquisa de campo, simulação computacional e medições "in loco". A simulação foi adotada para as casas autoconstruídas, e as medições para os conjuntos habitacionais. Optou-se por estes últimos pois isso possibilitaria algumas comparações a partir de um mesmo projeto, o que não é possível nas casas autoconstruídas.

Pesquisa de Campo. Os questionários utilizados na pesquisa de campo incluíam: croqui da residência; uma breve análise do entorno da construção (quintal e frente da casa pavimentados ou não, árvores no quintal ou na frente da casa); materiais e características construtivas, tais como tipo de cobertura, existência ou não de forro, material das paredes externas, revestimento, cor das superfícies externas e elementos de proteção contra a insolação. Finalmente, com o objetivo de verificar até que ponto a preocupação com o conforto térmico leva a alguma iniciativa para sua melhoria, perguntou-se sobre o nível de satisfação dos moradores com o desempenho térmico da residência e sobre o conhecimento de elementos construtivos importantes a ele relacionados.

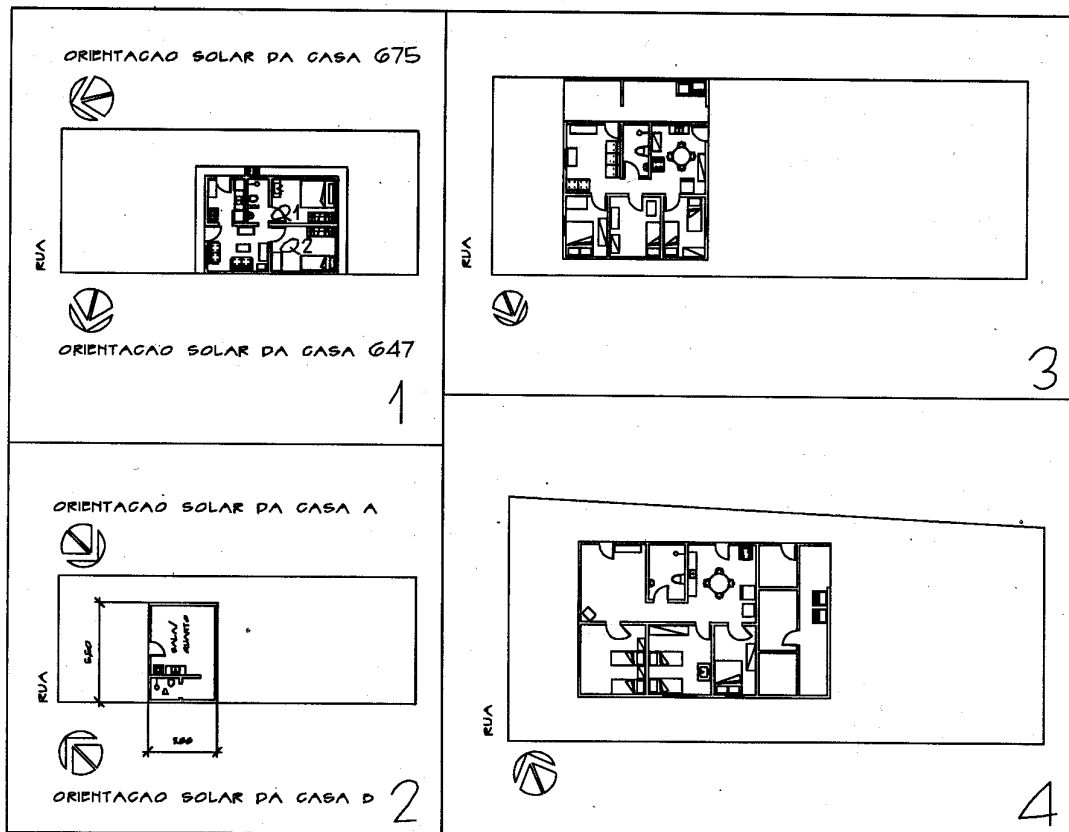
Simulação Computacional. As casas com características de autoconstrução foram analisadas através da simulação computacional pelo Arqutrop (Roriz e Basso, 1990), software que simula o comportamento térmico de um projeto, a partir dos dados climáticos da região e dos componentes e elementos construtivos. A simulação foi feita para dias típicos de verão e inverno, com os seguintes dados de entrada: dimensões da habitação, materiais construtivos, área e posição das aberturas, número de horas de ventilação, área

²Processo 92/4525-2

envidraçada, pé direito, cor das superfícies externas e ocupação. Os dados climáticos da cidade de Campinas (aeroporto de Viracopos), constam do banco de dados do Arquitrop.

Medições "in loco". Em relação aos conjuntos habitacionais, foram escolhidos dois bairros: o Conjunto Habitacional Vila União (com 5213 unidades, entre casas e apartamentos), no qual foram feitas 32 entrevistas, somente em casas. O segundo, o Parque da Floresta, foi escolhido por sugestão da COHAB - Campinas, e possui moradias do tipo "embrião", cuja planta é apresentada no desenho 2 da Figura. Este bairro, apesar de não constar da referida pesquisa, foi estudado por ser um conjunto relativamente recente (1991), apresentando ainda várias residências com o projeto original. Além disso, existe a possibilidade de que esse tipo de moradia seja utilizado em novos conjuntos a serem implantados pela COHAB, sendo interessante, portanto, que fosse avaliado termicamente.

A parte experimental foi realizada em dois dias do ano, no verão e inverno, em algumas casas selecionadas de acordo com critérios que permitissem comparações, como mesmo projeto com orientações diferentes. Foram pesquisadas tanto casas que mantiveram o projeto original como aquelas com modificações introduzidas pelo usuário. As medições ocorreram em intervalos de aproximadamente duas horas. Os parâmetros medidos foram: temperatura externa (T_e), com um termômetro comum de mercúrio, numa sombra próxima à residência; temperatura ambiente (T_a), com um termômetro digital; temperatura de globo (T_g), com um termômetro de globo, e umidade relativa do ar (U.R.), com um higrômetro. Os equipamentos foram dispostos nos recintos de acordo com as normas ANSI/ASHRAE 55/81. Nos horários das medições foram anotados os fatores individuais - atividade desenvolvida e vestimenta usada pelos moradores - e uma estimativa da velocidade relativa do ar, utilizando-se os valores sugeridos por Evans, 1993. A partir dos resultados obtidos foi calculada a temperatura radiante média (TRM), segundo Akutsu et alii, 1987, e em seguida o Voto Médio Estimado (VME) e a Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPI), propostos por Fanger, 1972, de acordo com as normas ISO-7730/84.



Desenho 1: Casas 647 e 655 do Conjunto Habitacional Vila União; Desenho 2: Casas A e B do Conjunto Habitacional Parque da Floresta; Desenho 3: Casa autoconstruída 67; Desenho 4: Casa autoconstruída 155

RESULTADOS

Casas Autoconstruídas. As casas autoconstruídas foram analisadas através das respostas dos questionários e da simulação computacional. Notou-se que quase todas as residências eram inacabadas, de tijolo cerâmico, com telha de fibrocimento ou cerâmica, revestimento externo cinza (somente chapisco), sem proteção contra a insolação direta. A grande maioria dos autoconstrutores não levou em conta o conforto térmico no planejamento da construção, nem fez reformas com o intuito de melhorar esse aspecto. No entanto, quase todos mostraram-se insatisfeitos com o desempenho térmico, pelo menos em um dos cômodos de suas casas.

Através da simulação pelo Arqutrop de duas residências que possuem materiais construtivos semelhantes e orientações não muito diferentes, (casas 67 e 155, desenhos 3 e 4 da Figura, respectivamente), constatou-se que, no verão, ambas são desconfortáveis; sempre com a temperatura interna maior do que a externa. Essa diferença é maior durante a noite, devido ao fechamento das janelas nesse período (simulando-se uma abertura durante as 24 horas do dia, percebe-se uma considerável diminuição dessa diferença no período noturno, mas permanece a relação $Temp. \text{ int.} > Temp. \text{ ext.}$). Na casa 155 (desenho 4 da Figura), é menor o ganho de calor através das fachadas devido à cor clara (bege) de suas paredes externas, que propicia uma maior reflexão dos raios solares. Na casa 67 (desenho 3), as paredes são de tijolo cerâmico sem pintura (cor vermelha). No inverno, as residências são confortáveis, com $Temp. \text{ int.} \approx Temp. \text{ ext.}$ durante o dia, e $Temp. \text{ int.} > Temp. \text{ ext.}$ à noite.

Conjuntos Habitacionais: Nos conjuntos habitacionais, a ênfase foi maior para a parte experimental. Observou-se que no período frio, em todas as residências analisadas, o conforto é possível com a mudança da vestimenta ou diminuição da velocidade do ar (através do fechamento das janelas). Considerou-se que um ambiente é confortável quando, no mínimo, 80 % das pessoas expressam satisfação com ele, ou seja PPI (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) = 20 % (ANSI/ASHRAE 55/81). Já no período quente, em todos os cômodos, no mínimo em um dos horários, é impossível uma situação de neutralidade térmica. Mesmo supondo-se um valor máximo para o movimento do ar, não se consegue chegar a um índice de conforto satisfatório. Foi levada a efeito, portanto, a simulação computacional, apenas para um dia típico de verão, a fim de identificar os componentes mais críticos, através do gráfico da distribuição do fluxo térmico na moradia, e a partir disso propor soluções. Deve-se levar em conta que o Arqutrop só considera as paredes externas, não entrando no cálculo divisões internas nas edificações. Como a situação de desconforto foi mais crítica no verão, os resultados aqui apresentados se limitarão a esse período.

Conjunto Habitacional Vila União. Nesse conjunto as residências são geminadas, possuem cobertura de telha cerâmica, forro, pintura externa, branca, e foram construídas com blocos de concreto. A maioria das residências possui a frente e o quintal pavimentados, sem vegetação. Na rua há também poucas árvores, fato que contribui para um microclima com temperaturas mais altas. Os resultados obtidos na parte experimental para a casa 647 (desenho 1 da Figura), são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Casa 647 - Sala; Verão

Horário	Vel. Ar (m/s)	Met.	Roupa	Um. Ar (%)	T. Amb. (°C)		T. Ext. (°C)	VME	PPI
9:15	0,1	112	0,3	69	25.5	26.0	-	0.9	24.0
10:15	0,1	112	0,3	68	26.7	27.2	-	1.2	36.1
12:15	0,1	70	0,3	66	27.7	27.5	-	0.7	15.8
13:45	0,1	70	0,3	65	28.6	28.5	32.2	1.0	28.0
15:30	0,1	70	0,3	59	29.9	29.6	33.0	1.4	45.7
17:00	0,1	70	0,3	57	31.2	31.0	32.5	1.8	65.2

Tabela 2. Casa 647 - Quarto1; Verão

Horário	Vel. Ar (m/s)	Met.	Roupa	UR ar (%)	T. Amb. (°C)	T. Globo (°C)	T. Ext. (°C)	VME	PPI
9:30	0,1	58	0,3	72	25.2	25.6	24.3	-0.5	10.1
10:30	0,1	58	0,3	68	26.4	26.6	27.0	-0.1	5.2
12:30	0,1	58	0,3	67	27.2	27.3	29.1	0.2	6.1
14:00	0,1	58	0,3	63	28.4	28.4	32.0	0.7	14.7
15:45	0,1	58	0,3	61	29.7	29.5	31.3	1.2	33.8
17:30	0,1	58	0,3	59	30.3	30.4	31.0	1.5	51.6

Resultados para a casa 675 (desenho 1 da Figura), são apresentados nas tabelas 3 e 4, para os cômodos indicados na Figura.

Tabela 3. Casa 675 - Sala; Verão

Horário	Vel. Ar (m/s)	Met.	Roupa	UR ar (%)	T. Amb. (°C)	T. Globo (°C)	T. Ext. (°C)	VME	PPI
9:45	0,0	112	0,3	68	25.6	28.3	---	1.2	34.9
11:00	0,1	112	0,3	68	27.0	28.4	---	1.5	48.7
12:45	0,1	93	0,3	62	27.7	29.5	---	1.6	54.1
14:15	0,0	93	0,3	63	28.3	29.5	34.0	1.5	53.1
16:00	0,1	70	0,3	61	28.4	30.3	34.5	1.5	52.2
17:45	0,1	58	0,3	59	29.5	31.1	31.2	1.7	62.2

Tabela 4. Casa 675 - Quarto 1; Verão

Horário	Vel. Ar (m/s)	Met.	Roupa	UR ar (%)	T. Amb. (°C)	T. Globo (°C)	T. Ext. (°C)	VME	PPI
10:00	0,1	58	0,3	68	24.5	26.0	29.5	-0.5	9.8
11:15	0,1	58	0,3	69	26.0	27.1	29.7	0.1	5.1
13:00	0,1	58	0,3	64	27.4	28.1	33.5	0.5	10.3
14:30	0,1	58	0,3	63	28.0	29.3	31.7	1.0	24.9
16:15	0,1	47	0,5	57	29.8	30.0	---	1.0	24.2
18:00	0,1	47	0,3	57	29.9	30.7	32.5	1.0	25.2

Nas residências acima, a insolação direta na sala logo pela manhã já é um fator de desconforto. À tarde, a mudança da posição do sol causa um aumento gradativo do valor do voto médio estimado (VME) nos quartos, e conseqüentemente um aumento da porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPI). Através do Arquitrop notou-se que: é menor o ganho de calor pelos vidros na casa 647, pois nessa residência os raios solares incidem mais obliquamente na fachada de maior área envidraçada. O ganho de calor pelas paredes externas é pequeno, pois são pintadas de branco, propiciando a reflexão dos raios solares.

Conjunto Habitacional Parque da Floresta. Nesse conjunto, os “embriões” são de bloco de concreto, sem pintura, com telha de cimento amianto, sem forro. Abaixo são apresentadas as tabelas com os resultados obtidos na parte experimental para duas residências padrão, com orientações opostas (casas A e B do desenho 2 da Figura).

Tabela 5. Casa B; Verão

Horário	Vel. Ar (m/s)	Met.	Roupa	UR ar (%)	T. Amb. (°C)	T. Globo (°C)	T. Ext. (°C)	VME	PPI
9:30	0,1	112	0,3	78	26.4	27.2	25.7	1.3	38.7
11:15	0,1	112	0,3	77	29.2	29.7	29.2	1.9	70.2
12:30	0,1	58	0,3	72	31.5	31.5	31.2	1.7	63.1
14:00	0,1	58	0,3	66	33.2	33.0	32.0	1.9	73.4
15:30	0,1	93	0,3	65	34.1	33.5	32.6	2.2	84.2

Tabela 6. Casa A; Verão

Horário	Vel. Ar (m/s)	Met.	Roupa	UR ar (%)	T. Amb. (°C)	T. Globo (°C)	T. Ext. (°C)	VME	PPI
9:45	0,1	58	0,3	75	26.7	27.1	26.4	0.2	5.8
11:30	0,1	93	0,3	70	29.6	30.0	29.1	1.8	68.2
13:00	0,2	58	0,3	66	31.8	31.9	30.5	1.5	50.9
14:30	0,1	58	0,3	64	33.7	33.5	33.1	2.1	82.5
15:45	0,1	58	0,3	61	35.2	34.5	34.0	2.7	96.9
16:45	0,1	58	0,3	61	34.7	34.0	32.2	2.4	89.7
17:45	0,1	58	0,3	61	33.7	33.3	30.5	2.0	78.8

As duas residências apresentaram péssimo desempenho térmico. A casa B, que recebe insolação direta na fachada frontal à tarde, apresentou resultados piores, chegando a 96.9 % de pessoas insatisfeitas às 15:45 hs. Através da simulação observou-se que é grande o ganho de calor pelas fachadas, maior que o das casas da Vila União, pois apesar do material construtivo ser o mesmo (bloco de concreto), as paredes externas não são pintadas.

CONCLUSÕES

Os resultados, tanto os experimentais com aqueles obtidos através de simulações, mostraram situações desconfortáveis em todas as moradias analisadas, principalmente no verão e nas casas não modificadas dos conjuntos habitacionais, chegando-se em certos horários a mais de 90% de pessoas insatisfeitas. Um fato interessante a ser observado foi que no inverno, mesmo nos horários em que não se obtinha uma sensação térmica de neutralidade, (o que poderia ser melhorado com uma vestimenta mais apropriada ou através do fechamento das janelas), nenhum dos moradores demonstrou sensação de frio.

Através da análise das situações de extremo desconforto observadas, principalmente no verão, pode-se estabelecer uma correlação entre os elementos construtivos e de implantação e o conforto térmico dos projetos estudados. Pesquisas de projetos bioclimáticos mostram que quase 70% do desempenho térmico é relacionado a: orientação das aberturas, possibilidade do seu sombreamento; ventilação propiciada pelas aberturas, de acordo com sua localização e dimensionamento, bem como espessura e cores das paredes do envelope de um edifício (Kolokotroni e Young, 1990 e Garg, 1991). No caso das habitações populares estudadas, soluções simples e não dispendiosas podem ser adotadas para amenizar os ambientes e propiciar maior bem-estar aos seus moradores: proteção das áreas envidraçadas que estejam sujeitas diretamente à radiação solar, paredes externas pintadas de cor clara, plantio de árvores nas calçadas e nas áreas externas da residência, a fim de amenizar o clima local, colocação das aberturas para ventilação em mais de uma fachada da casa, para ser possível a ventilação cruzada, com circulação do ar adequada. É importante que durante o processo de loteamento dos conjuntos habitacionais já se manifeste a preocupação com a orientação dos terrenos. O que tem ocorrido em geral é que, devido à escassez de recursos financeiros para esse tipo de construção, o critério topográfico (menor volume de terra) é o que prevalece. Também há a necessidade de se adotar soluções individualizadas, quando se deseja aliviar os problemas causados pela orientação incorreta, de modo que, ainda que com projetos iguais, a implantação de cada casa seja a mais adequada.

Como conclusão, é importante ficar registrado que o conforto térmico na habitação popular não é atingido, pois falta uma preocupação com a qualidade do projeto. No caso da habitação popular, o nível de qualidade construtiva deveria ter um padrão elevado, ainda que se trate de casas simples, pois a própria população em si não tem condições de melhorar a moradia, no que se refere aos aspectos de conforto. Casas, ainda que consideradas como "embrião", deveriam fornecer aquele mínimo de condições de habitabilidade para os moradores, como por exemplo a colocação de um forro com uma cobertura de fibrocimento. Para as casas autoconstruídas, cuja técnica construtiva na média é razoável, programas de educação e oferecimento de apoio técnico pelos órgãos públicos são altamente recomendáveis. Esse objetivo poderia ser atingido se os órgãos oficiais encaminhassem soluções para o bem-estar mínimo dos moradores, através de normas técnicas que determinassem a orientação adequada dos lotes, densidades máximas permitidas, tratamento paisagístico, bem como a escolha do projeto arquitetônico e técnicas construtivas de qualidade.

REFERÊNCIAS

1. Akutsu, M., Sato, N.M., Pedrosa, N.G., *Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares: manual de procedimentos para avaliação*, IPT, São Paulo, 1987.
2. ASHRAE STANDARD. *Thermal environmental conditions for human occupancy*, ANSI/ASHRAE 55, Atlanta, 1981.
3. Evans, J. M., *CONFI.L*, Centro de Investigación Habitat y Energia, FADU, Buenos Aires, 1993.
4. Fanger, P. O., *Thermal Comfort*, McGraw-Hill, NY, 1972.
5. Garg, N. K., *Passive Options for Thermal Comfort in Building Envelopes - an Assesment, Solar Energy*, Vol. 47, No. 6, 1991, (pp. 437-441)
6. International Organization for Standardization, *Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort*-ISO 7730/1984 (E) /Gênova, 1984.
7. Kolokotroni, M. e Young, A. N., *Guidelines for Bioclimatic Housing Design in Greece*, Building and Environment, Vol. 25, No. 4, 1990, (pp. 297-307).
8. Motta, C. F. A., *Nível de Satisfação em Conjuntos Habitacionais da Grande São Paulo*, IPT, FAPESP, São Paulo, 1975
9. Prefeitura Municipal de Campinas, *População: Região de Campinas, Sumário de Dados*, Nº1, Campinas, 1993
10. Roriz, M. e Basso, A., *Arquitrop*, versão 3.0, S. Carlos, 1990