



AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO E LUMÍNICO EM CONJUNTOS HABITACIONAIS NO ESTADO DE SÃO PAULO

F. Vittorino & M. Akutsu

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A

Divisão de Engenharia Civi

Laboratório de Higrotermia e Iluminação

05508-901 – São Paulo/SP – Brasil

Fax: + 55 (11) 3767 4681

E-mail: fulviov@ipt.br & akutsuma@ipt.br

RESUMO: Este artigo apresenta o método utilizado e os resultados obtidos em um trabalho de pesquisa realizado para se determinar as condições de conforto térmico e lumínico em conjuntos habitacionais construídos no Estado de São Paulo entre 1992 e 1995, para famílias com renda ente 1 e 10 salários mínimos. A avaliação destas condições de conforto foi realizada por meio de simulações em computador e de medições em campo bem como se utilizando técnicas de avaliação pós-uso, pela aplicação de questionários junto aos usuários. Os resultados das entrevistas foram analisados estatisticamente, correlacionando-se as opiniões dos usuários com informações de caráter sócio-econômico, com as condições de implantação das edificações e com as avaliações técnicas citadas.

ABSTRACT: This paper presents the method and the results of a research work accomplished to determine the conditions of thermal and lighting comfort in low cost dwellings, built in the São Paulo State between 1992 and 1994, for families with income between US\$ 75.00 and US\$ 750.00. The evaluation of these comfort conditions was done by computer simulations, in field measurements and interviews with the users. The results of the interviews were statistically analyzed correlating them with of socioeconomic information, with the constructions site and with the mentioned technical evaluations.

1 Introdução

A "Retroavaliação do Programa SH-3", programa habitacional através do qual foram entregues à população do estado de São Paulo 376 conjuntos com cerca de 78.000 casas e apartamentos no período de 1.992 a 1.995, considerou uma amostra de 50 conjuntos habitacionais, analisando-se implantações, obras de infra-estrutura, unidades habitacionais e construções comunitárias. O trabalho objetivou realimentar rotinas técnicas da CDHU relativas ao planejamento, projeto, construção, controle e recebimento dos empreendimentos. Os conjuntos pesquisados (vide Figura 1) foram selecionados em consenso com a CDHU, considerando-se localização geográfica e tamanho dos conjuntos, regiões climáticas, características topográficas dos terrenos, empresas construtoras, projetistas, tipologias e sistemas construtivos e materiais adotados no "universo SH 3".

Neste trabalho serão contempladas as condições de conforto térmico e lumínico apenas nas casas térreas isoladas, que correspondem a aproximadamente 2/3 do total de unidades habitacionais entregues no programa. Estas unidades têm paredes em blocos de concreto com 9 cm de espessura revestidas externamente com argamassa, ou em blocos cerâmicos com 9 cm de espessura revestidas interna e externamente com argamassa; cobertura em telhas de barro sem forro ou em telhas de fibrocimento com forro em madeira, piso em contrapiso de concreto desempenado, sem revestimento; portas e janelas metálicas com área envidraçada correspondente a 20% da área de piso, sendo que no espaço correspondente à sala e à copa/cozinha, esta relação é da ordem de 27%. Na Figura 2, é apresentada a planta de uma destas unidades, com a disposição das principais peças de mobília.

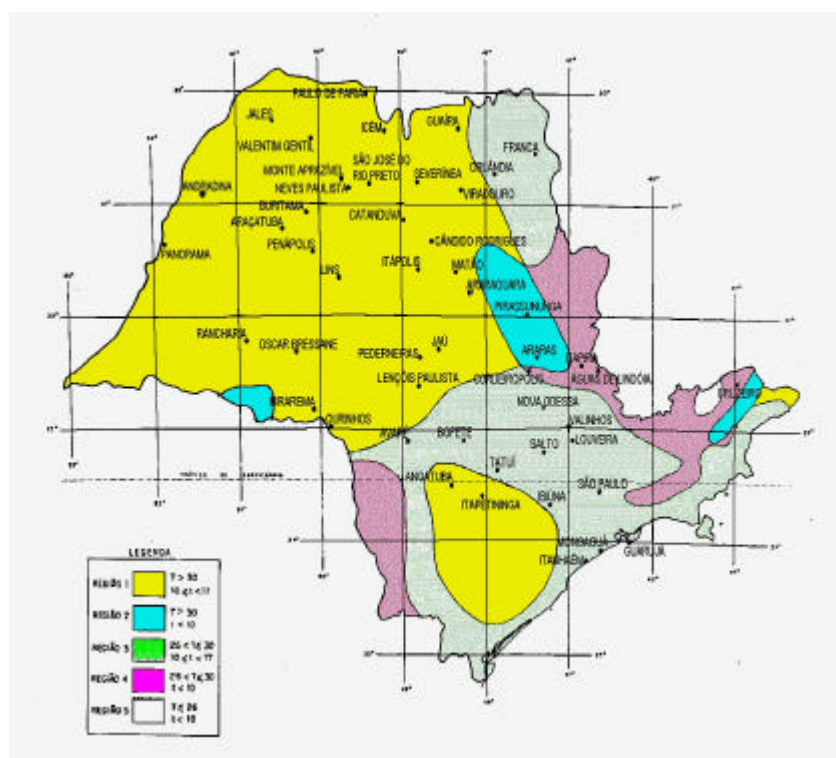


FIGURA 1: Zoneamento climático do Estado de São Paulo com a indicação dos municípios onde foram feitos os levantamentos.

2 Método de Trabalho

Foram desenvolvidas as seguintes atividades e todos os conjuntos: entrevistas com os moradores, vistoria técnica das unidades, construções comunitárias e dos conjuntos habitacionais. Foi realizada ainda avaliação termoacústica detalhada de unidades implantadas em dez conjuntos específicos. Em cada conjunto, foi realizada uma amostragem das unidades habitacionais (amostra básica = 2,5%, mínimo de 6 e máximo de 15 unidades/conjunto). Não foi efetuado um sorteio totalmente aleatório, mas sim dirigido das unidades, em função dos inúmeros parâmetros de controle: quadras, orientação solar das unidades, topografia, proximidade de ruas mais largas (presumivelmente mais movimentadas), etc.

2.1 Entrevista com os moradores

Foi utilizado, para a condução da entrevista, um questionário com 77 perguntas, abrangendo aspectos sócio-econômicos atuais do morador, sua origem, alterações já executadas e pretendidas na edificação, o grau de satisfação com os diversos aspectos de desempenho da habitação e seus anseios. As perguntas relativas aos desempenhos térmicos e lumínico foram:

- No verão, de modo geral, dentro da casa, você se sente (1) – confortável; (2) -com um pouco de calor; (3) - com calor ou (4) -calor insuportável;
- No inverno, de modo geral, dentro da casa, você se sente: (1)-confortável; (2)-com um pouco de frio; (3)-com frio ou (4-frio insuportável);
- Você sente correntes de ar frio desagradável, mesmo com todas as janelas fechadas e em que cômodo?
- É possível ventilar bem todos os cômodos da moradia abrindo janelas e se não em que cômodo?
- Durante o dia, você precisa acender lâmpadas para poder: (1) ler, (2) escrever, (3) cozinhar (4) costurar (5) outras atividades;
- A luz elétrica nos corredores, ou instalada do lado de fora da unidade é suficiente para: enxergar bem o piso ou o passeio? Enxergar o buraco da fechadura? Enxergar o número da unidade na fachada?
- Além das lâmpadas/luminárias já existentes na moradia, você instalou mais alguma lâmpada nas paredes ou forros? Se sim em que cômodo?

Todos os formulários de entrevista foram tabulados e processados, calculando-se estatísticas básicas (média, moda, etc.) e testadas correlações entre as diversas variáveis (satisfação com o tamanho da casa x renda familiar x sexo ou idade do entrevistado, etc.), sempre ao nível de significância de 95%, utilizando-se o teste de independência χ^2 .

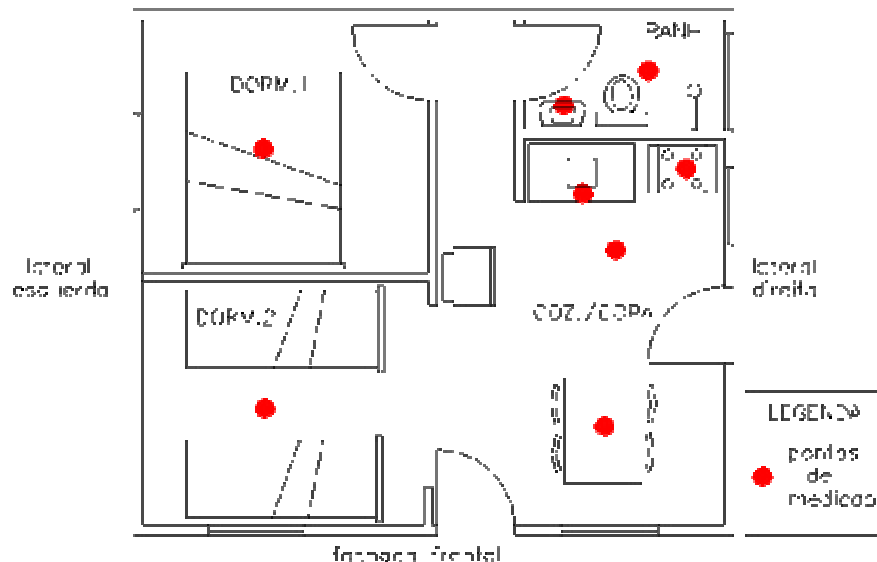


FIGURA 2: Planta de uma unidade habitacional, com indicação de mobília e dos pontos de medição de iluminância

2.2 Desempenho térmico

O desempenho térmico das unidades habitacionais foi avaliado através do índice de satisfação dos usuários em relação à sensação de conforto térmico nos ambientes, conforme critérios apresentados por AKUTSU (1997). A obtenção dos valores dos parâmetros ambientais que determinam a sensação de conforto térmico foi feita em duas etapas:

- Simulações em computador, utilizando-se o programa NBSLD, para o ambiente correspondente à **Sala-Copa/Cozinha** (ambiente que inclusive é freqüentemente utilizado para o sono noturno - área da sala), para dias típicos de verão e de inverno, com a edificação desocupada. Foram determinados os valores horários da temperatura e umidade relativa do ar e das temperaturas superficiais, estas últimas usadas para determinação dos ganhos e perdas de calor pelas vedações. Para o dia típico de verão foram consideradas diferentes condições de ventilação dos ambientes (portas abertas ou fechadas, etc.), enquanto que para o dia típico de inverno considerou-se apenas a condição referente ao ambiente com portas e janelas fechadas e cortinas abertas. Todas as simulações foram realizadas para quatro orientações solares (Norte, Sul, Leste e Oeste) da fachada principal da unidade habitacional.
- Medições "in loco", ao longo de um dia, em um recinto de duas unidades habitacionais em cada um dos dez conjuntos selecionados. Os dados obtidos complementaram os resultados das simulações em computador com informações locais específicas, relativas à influência da ocupação, do entorno e da implantação sobre a resposta térmica da edificação. Utilizaram-se termohigrógrafos, para a determinação da temperatura e da umidade relativa do ar, e um termômetro infravermelho, para obtenção das temperaturas superficiais. Simultaneamente, utilizou-se outro termohigrógrafos para a determinação da temperatura e da umidade relativa do ar exterior no local de implantação do conjunto habitacional.

2.3 Desempenho lumínico

O desempenho lumínico foi avaliado nas duas casas acima citadas, considerando-se os seguintes aspectos: aproveitamento da luz natural e adequação da iluminação interior às atividades cotidianas.

Nos períodos da manhã e da tarde foram realizadas medições de iluminância em todos os recintos das duas unidades habitacionais (com orientações solares distintas) nas seguintes condições: com cortinas abertas e com a iluminação artificial desativada; com cortinas fechadas e com a iluminação artificial desativada; e com cortinas fechadas e com a iluminação artificial ativada. Os pontos de medição correspondem a: locais normalmente utilizados para executar atividades cotidianas (por exemplo, ler, escrever e cozinhar); centro dos ambientes a uma altura de aproximadamente 85 cm, a partir do piso, conforme indicado na Figura 2. Concomitantemente, foi medida a iluminância exterior à sombra a fim de se determinar o fator de luz diurna (FLD) dos diversos ambientes. As medições das iluminâncias internas, durante o dia, e externas, à noite, foram realizadas com um fotômetro, com seleção automática de escalas (máximo 100 klux). As medições externas, durante o dia, foram realizadas com um luxímetro de elevado fundo de escala (200 klux).

Para se avaliar o aproveitamento da luz natural, foi adotado o critério apresentado na Norma DIN 5034 (Daylight in interiors), que especifica que **o fator de luz diurna (FLD) deve ser de no mínimo 0,9%**, determinado a 0,85 m de altura, no centro do ambiente, visto em planta.

A adequação da iluminância à realização de atividades cotidianas foi verificada comparando-se os valores medidos com os exigidos na Norma NBR 5413 (Iluminação de Interiores), que especifica os seguintes valores mínimos para uma habitação:

• sala de estar		• quartos de dormir	
- geral	100 lux	- geral	100 lux
- local (leitura, bordado, etc.)	300 lux	- local (espelho, penteadeira)	200 lux
• cozinhas		• banheiros	
- geral	100 lux	- geral	100 lux
- local (fogão, pia, mesa)	200 lux	- local (espelhos)	200 lux"

3 Resultados Obtidos

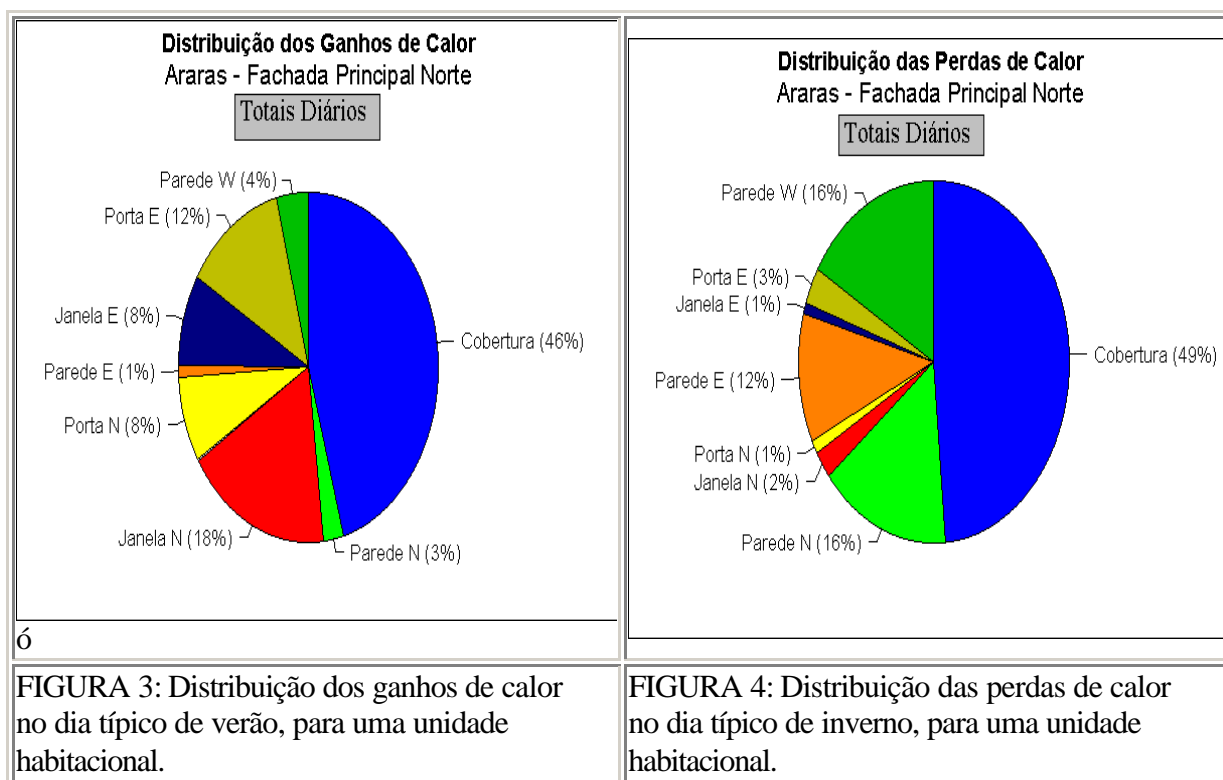
Os questionários foram respondidos na maioria das vezes por pessoas do sexo feminino, cerca de 70% dos casos. Nas **470 unidades** pesquisadas residiam **2.069 pessoas**, (1.021 do sexo masculino e 1.048 do sexo feminino). A quase totalidade das unidades é ocupada por apenas uma família. Na maioria absoluta das vezes as famílias eram egressas do campo (exceto conjuntos localizados na capital e litoral), onde residiam geralmente em casas alugadas (56,4%) ou cedidas (29,4%). Foram verificados os seguintes resultados, entre outros:

TABELA 1. - Número de usuários, renda familiar e indicadores econômicos

INDICADORES SÓCIO-ECONÔMICOS		CASAS
	intervalo	1 - 13
Nº de pessoas na moradia	média	4,5
	valor modal	4
Unidades com deficientes físicos (locomoção)		2,9%
	intervalo	100,00 - 3.000,00
Renda familiar (R\$)	média	497,15
	valor modal	200,00 a 400,00
Homens desempregados - idade 19 a 50 anos		13,7%
Mulheres que trabalham fora do lar (19 a 50 anos)		44,9%
Consumo médio mensal de energia elétrica		157 kWh

4.1 Desempenho Térmico

Os sistemas construtivos tipicamente adotados não apresentam desempenho térmico satisfatório em nenhuma região climática. Em geral, as unidades foram classificadas no "nível C", com poucas exceções onde se enquadraram no "nível B". Isto se deve basicamente às baixas resistências e capacidade térmicas das paredes e das coberturas. Esta situação se agrava ainda mais devido à grande relação área envidraçada/área de piso, principalmente no ambiente sala/cozinha que proporciona ganhos de calor solar excessivos no período de verão. Cerca de 90% dos ganhos totais de calor no dia típico de verão ocorrem pela cobertura e pelas áreas envidraçadas, mais ou menos 45% para cada elemento, conforme ilustrado na Figura 3 (exemplo de Araras, fachada principal voltada para o Norte, no geral válido para as demais localidades e orientações). Para a condição de inverno, verificou-se que parte significativa das perdas de calor dos ambientes se dá pela cobertura, principalmente pela inexistência de forro nos telhados. Nesse caso a influência das paredes é razoável, conforme ilustrado na Figura 4 (exemplo de Araras, fachada principal voltada para o Norte, no geral válido para as demais localidades e orientações).



4.2 Desempenho Lumínico

O aproveitamento da luz natural é, de modo geral, bom em todos os compartimentos das unidades térreas quando as janelas não estão obstruídas por muros de divisa muito altos (com mais de 2 m de altura) ou por coberturas sobre o tanque, o que ocorre na maior parte das situações, cobrindo praticamente toda a lateral da unidade habitacional e reduzindo significativamente a entrada de luz natural na cozinha e no banheiro.

A iluminância medida com o acendimento das lâmpadas, durante a noite, mostrou que a iluminação artificial era insuficiente para a realização das atividades cotidianas com conforto, na maior parte dos conjuntos. Tal situação deve-se, principalmente, ao fato dos moradores utilizarem lâmpadas de baixa potência. Nas unidades habitacionais em que estavam instaladas lâmpadas de maior potência, (com elevado fluxo luminoso) e luminárias que direcionem a luz para o ambiente, foi possível atingir-se as iluminâncias recomendadas. Esta prática de utilizar lâmpadas de baixa potência visa, aparentemente, economizar energia elétrica, sacrificando o conforto visual, que parece não lhes ser importante.

5 Análises Estatísticas dos Resultados da Entrevistas

Para o período de inverno, as respostas sobre os níveis de conforto térmico, estavam bastante divididas, conforme percentuais indicados na Tabela 2; havendo, no geral, pequena tendência de considerar as casas confortáveis. Já para o período de verão, tendência significativa de considerar as habitações como "quentes". Somando-se os percentuais dos níveis "com calor" e "com calor insuportável", verificam-se valores de 60,1%. Este maior desconforto dos habitantes no verão poderia ser hipoteticamente justificado por piores condições de ventilação, entretanto, praticamente todos os

entrevistados consideraram que é possível ventilar bem todos os cômodos das unidades (86,8%).

TABELA 2. - Percentuais indicados pelos moradores para o conforto térmico

Níveis de conforto ou desconforto	Inverno	Níveis de conforto ou desconforto	Verão
1. confortável	36,5	1. confortável	20,8
2. com um pouco de frio	21,6	2. com um pouco de calor	18,9
3. com frio	25,0	3. com calor	27,5
4. frio insuportável	15,2	4. calor insuportável	32,6

Quanto às sensações de conforto no inverno ou no verão, verificaram-se correlações significativas com os seguintes elementos:

- região climática: existem interações entre as sensações "calor", "calor insuportável", "frio", "frio insuportável" e as regiões onde estão localizados os conjuntos habitacionais;
- renda: quanto maior a renda familiar, maior a sensação de desconforto (significativo apenas para a Região III - período de verão);
- sexo: no geral, as mulheres revelaram maiores sensações de desconforto, tanto no inverno como no verão, o que pode ser explicado por questões biológicas como pelo fato de ser consideravelmente maior o número de mulheres que permanecem em casa durante o período diurno, sofrendo os efeitos da ação da radiação solar sobre a edificação;

Existem também correlações significativas entre as sensações de desconforto e a orientação geográfica das unidades habitacionais, tanto para o inverno como para o verão. Os testes de correlações múltiplas, envolvendo orientação geográfica e região climática, não indicaram interações significativas, porém, observou-se as seguintes correlações com a orientação solar das fachadas, para todas as regiões:

- para o verão, as maiores sensações de desconforto foram indicadas para casas com fachadas voltadas desde NE até W (salas apanhando o sol da tarde). Houve correlação estatística entre a resposta de "calor insuportável" para a sensação de conforto térmico no verão e a orientação da fachada frontal da habitação quando esta era voltada para NE, N, NW e W;
- para o inverno, há um certo confundimento entre as respostas relativas às casas com fachadas voltadas para N e as respostas relativas àquelas com fachadas voltadas para S, provavelmente em função da ocupação alternada de dormitórios e salas (ambientes opostamente situados em relação à maioria das plantas). Constatou-se, entretanto, que há correlação entre a sensação de desconforto no inverno, caracterizada pela resposta de "frio" ou "frio insuportável" quando as janelas da fachada frontal estão voltadas para SW, S e SE;

- no geral, as sensações de desconforto parecem referir-se muito mais ao ambiente "sala", pela presença de áreas envidraçadas relativamente grandes e maior número de frestas nas regiões dos caixilhos (inclusive com frestas acentuadas sob as folhas das portas externas). Observou-se forte correlação entre as respostas que indicaram desconforto no inverno e as respostas que apontaram "correntes incômodas de ar frio", o que presumivelmente ocorre nas salas das unidades apontadas por 42,2% dos habitantes de casas térreas.

A menor manifestação de descontentamento dos moradores em relação ao "frio", quando comparada com os índices de insatisfeitos com o "calor" pode ser explicado pelo fato das temperaturas internas no inverno não atingirem valores muito baixos devido ao significativo ganho de energia solar pelos envidraçamentos.

Em geral, as respostas às entrevistas não indicaram problemas com a iluminação natural das unidades, informando-se a necessidade de iluminação artificial durante o dia (escrever, costurar, etc.) em aproximadamente 8% das unidades. A iluminação artificial introduzida na parte externa da unidade foi considerada suficiente por 85% a 90% dos entrevistados.

6 Comentários Finais

Os resultados acima apresentados, entre inúmeros outros referentes tanto aos aspectos de conforto ambiental, como referentes a patologias construtivas, aspectos sócios-econômicos, segurança ao fogo, etc., bem como recomendações de projeto para melhorar a qualidade das habitações populares foram enviadas a CDHU, que vêm adotando estas sugestões visando a continua melhoria da satisfação do seu público alvo. Em trabalho futuros maiores informações serão apresentadas.

7 Referências Bibliográficas

AKUTSU, M.; SATO, N.M.N. ; PEDROSO, N.G. Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares : manual de procedimentos para avaliação. São Paulo, IPT, 1987. (Publ. IPT 1732)