



A VEGETAÇÃO E O CONFORTO TÉRMICO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: UM ESTUDO SOBRE A AVALIAÇÃO DE CONFORTO

Roberta Zakia Rigitano de Paula (1); Lucila Chebel Labaki (2)

(1) Unicamp, Fac. de Eng. Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, Brasil, (011) 45883726,

(2) Unicamp, Fac. de Eng. Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, Brasil, (019) 37882384,

rozr@ig.com.br; lucila@fec.unicamp.br

RESUMO

É fato conhecido que a vegetação tem um papel preponderante na atenuação da radiação solar incidente e na obtenção de um microclima que proporciona maiores condições de conforto térmico. O presente trabalho apresenta um estudo sobre a avaliação de conforto em duas residências de um conjunto habitacional popular na região de Campinas, sendo que, uma das residências possui mudas de ypê roxo (*Tabebuia impetiginosa*), como anteparo de sombreamento. Foi calculado o VME, segundo a norma ISO 7730, 1994, utilizando dados de observação – atividade e vestimenta e resultados de medições dos parâmetros ambientais. Os resultados mostram uma diferença significativa no VME, demonstrando maior conforto térmico na casa sombreada pela vegetação.

ABSTRACT

It is a well-known fact that vegetation has a meaningful role in the attenuation of the incident solar radiation contributing to a microclimate that improves thermal comfort. This work presents a study about thermal comfort evaluation in two low-income houses in the city of Campinas. The houses are identical; in one of them the window was protected of solar radiation by two young “ypê roxo” trees (*Tabebuia impetiginosa*), and the second without any protection. The PMV, according to ISO 7730, 1994, was calculated, by using observed data – activities and garments, and measured environmental parameters. Results show a meaningful difference in the PMV, with a better situation of thermal comfort in the shaded house.

1. INTRODUÇÃO

O conforto ambiental pode ser explicado como o conjunto de sensações subjetivas representadas pelo conforto acústico, luminoso, visual, psicológico, espacial e térmico, sendo que este último terá maior enfoque neste trabalho. O conforto térmico pode ser estudado em relação aos ambientes internos e externos. O meio externo urbano é fruto das condições ambientais, mas sofre grandes influências das atividades exercidas pelo homem, ou seja, é alterado através de intervenções, como a poluição de automóveis que contribui para a formação das ilhas de calor. Já os internos são influenciados pelo externo, estando então as duas formas relacionadas. (Bueno, 1998).

Para Bernatzky (1982), a formação das ilhas de calor ocorre devido as massas de edificações horizontais e verticais, aos materiais das construções e vias públicas que absorvem grande quantidade de radiação solar, à redução da velocidade do vento pelos prédios, à poluição que reduz a perda de radiação de onda longa pelas superfícies causando aquecimento atmosférico, à drenagem pelo sistema de captação de águas pluviais, à não filtração de água no solo como consequência da utilização de revestimentos impermeáveis e à redução da energia utilizada nos processos de evapotranspiração realizados pela vegetação.

A partir da análise dos elementos climáticos globais e locais, que definem o clima de uma dada região, a concepção bioclimática aplicada ao espaço urbano indica os caminhos para que os ambientes das cidades satisfaçam as exigências de conforto térmico das pessoas em sua prática social. (Romero, 1988). Os grandes indicadores do nível de conforto térmico nas cidades são: a temperatura ambiente, a umidade do ar, a velocidade e a direção predominante dos ventos, a radiação solar e as precipitações. São fatores tão variados, que seu controle através de ações humanas é bastante limitado.

A vegetação desempenha um importante papel no controle de praticamente todos esses parâmetros. Além de se adaptar às condições de vento numa região, contribui para o estabelecimento de microclimas no meio urbano. Em relação à radiação solar, a vegetação tem um comportamento seletivo em relação aos comprimentos de onda. Absorve cerca de 90% da radiação visível e 60% da infravermelha. A radiação visível absorvida é a utilizada para suas funções vitais. Uma pequena quantidade da radiação é transmitida através das folhas e o restante se reflete (Rivero, 1986). Assim, através da arborização, tem-se uma atenuação da radiação de onda curta, evitando os efeitos de ofuscamento e reverberações devidos à sombra e ao sol. Em relação à radiação de onda longa, há uma redução no aquecimento das superfícies, e conseqüentemente do calor emitido por estas. A vegetação tem ainda outro efeito sobre a temperatura, ao eliminar calor por evaporação do ar umedecido.

O conforto térmico é então, influenciado pelas condições ambientais, que vem sendo ameaçadas também pela impermeabilização do solo (característica das grandes cidades) e mais especificamente pela ausência de vegetação, além das transformações requeridas pelas necessidades do homem no espaço.

A ausência desta vegetação, aliada a materiais que são utilizados sem planejamento prévio, tem alterado significativamente o clima dos agrupamentos urbanos devido à incidência direta da radiação solar nas construções. Devido a este fenômeno, que tem transformado as cidades em verdadeiras estufas, o consumo de energia para resfriamento de interiores vem aumentando consideravelmente nos últimos anos.

Outro problema que a falta de vegetação tem causado é a diminuição da temperatura no inverno, devido à facilidade com que os materiais de construção perdem calor para o meio, onde não existem barreiras naturais para detê-lo. (Akibari & Taha, 1992). Porém, no Brasil, esta situação, não é determinante devido aos invernos amenos na maior parte do país.

Levando em conta estes fatores, podemos dizer que a vegetação é um meio natural que deve ser explorado para controlar os efeitos da radiação, e diminuir o consumo de energia em ambientes que necessitam de refrigeração ou aquecimento.

2. MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em um conjunto habitacional de Campinas, SP. Optou-se pelo conjunto habitacional, tanto pela preocupação de se propor alguma melhora na qualidade de vida da habitação de interesse social, como pela possibilidade de se encontrar habitações idênticas para a realização adequada do estudo. Cabe ressaltar aqui a dificuldade de se encontrar este tipo de situação, pois os moradores desses conjuntos rapidamente reformam e modificam significativamente o projeto original da edificação. Também é necessário encontrar moradores com boa-vontade para deixar os equipamentos de medição dentro de suas residências.

Na procura, foram observadas a localização, orientação solar e a uniformidade nas edificações. O Conjunto Residencial Cosmos – projeto de fundo social, na cidade de Campinas, SP, Brasil, foi o local escolhido. Houve dificuldade para a seleção das residências para a amostragem, pois, mesmo as não reformadas são pintadas de cores diferentes e têm diferentes orientações, que dependem de sua implantação no lote.

Com a ajuda do engenheiro responsável foi possível selecionar duas residências praticamente iguais e com mesma orientação solar; elas são assobradadas e possuem 60 m² de área construída. O material

usado para a construção de ambas é alvenaria de bloco de concreto de vedação com acabamento de gesso na parte interna e textura amarelada na face externa. A figura 1a mostra a foto das duas residências analisadas. Essas duas residências foram utilizadas na primeira fase das medições no Conjunto Residencial Cosmos. Numa segunda fase da pesquisa, foram utilizadas outras residências, (Figura 1b) devido a problemas com reformas e instalações de toldos na frente das residências utilizadas na primeira fase. As medições foram realizadas no piso térreo, de modo a não sofrer influência da cobertura.

As casas utilizadas nessa etapa pertencem à construtora, para demonstração a compradores, tem a mesma planta das utilizadas na primeira fase de medidas e são idênticas quanto à cor (alaranjada) e orientação (noroeste). São, porém, geminadas, como mostra a figura 1b. Esse fato poderia significar que o experimento não seria conclusivo, pois o que se pretendia é que a única diferença entre as residências fosse a presença da vegetação.

Para solucionar este problema foram feitas medições alternadas; nos primeiros dias (03/05/2004 a 12/05/2004) a casa 1, da esquina, foi medida com a presença das árvores, simultaneamente à casa 2, sem árvores; no período seguinte (13/05/2004 a 24/05/2004) as árvores foram trocadas: casa 1 da esquina sem árvores e casa 2 com árvores, para ter a certeza de que o efeito das árvores seria o mesmo para os dois casos. Através de análise estatística observou-se que não houve diferença significativa no clima nesses dois períodos, de modo que a comparação pode ser feita, considerando-se apenas a influência da presença de vegetação.



(a)

(b)

Figura 1: (a) Foto das residências analisadas na primeira fase das medições. Campinas, 10/2003;
(b) Foto das residências utilizadas na segunda fase de medições. Campinas, 05/2004

Foram medidos os parâmetros ambientais – temperaturas do ar e de globo, umidade do ar e velocidade do ar. Observações sobre a atividade desenvolvida nos ambientes e a vestimenta utilizada pelos ocupantes, permitiram avaliar a produção de calor metabólico e a resistência térmica da vestimenta. O indicador de conforto térmico adotado foi o Voto Médio Estimado (VME) e a respectiva Porcentagem Estimada de Insatisfeitos (PEI), de acordo com a norma ISO 7730, 1994, calculado através do programa computacional Conforto 2.02 criado por Ruas (2002)

Em todos os períodos foram feitas simulações para as 8, 12, 15, 18 e 21 horas, no dia mais quente e no dia mais frio para a residência com árvore (casa 1) e sem árvore (casa 2). Estipulou-se que os indivíduos estariam sentados e em repouso, já que as medidas foram tomadas nas salas, com televisão; além disso, considerou-se que estariam com roupas mais leves em períodos mais quentes e um pouco mais pesadas para os dias mais frios.

As simulações foram realizadas em outubro de 2003 e maio de 2004, correspondendo a períodos quente e frio. Observou-se que em todos os casos a porcentagem de insatisfeitos é muito grande, mesmo que a casa com árvore apresente uma porcentagem menor, principalmente em dias mais quentes, não melhora a situação inadequada em relação ao conforto térmico para a permanência dos

moradores. Além disso, observou-se que em alguns casos para dias mais frios, a porcentagem de insatisfeitos aumenta, isto pode ocorrer pelo fato das vestimentas utilizadas nas medições ou ainda pelo estado de repouso do indivíduo. A seguir temos as tabelas de avaliação de conforto

3. RESULTADOS

Os resultados são apresentados a seguir em forma de tabelas, para o dia mais quente e o dia mais frio de cada período. A taxa de metabolismo adotada foi de 1 Met. A resistência térmica da vestimenta variou de 0,37 a 1,18 clo, esta em geral no início da manhã, quando a temperatura é mais baixa.

Tabela 01 – VME e PEI para outubro de 2003.

DIA QUENTE CASA 1 (c/ árvore)	8H	12H	15H	18H	21H
Temperatura ambiente:	25,2 °C	26,8 °C	28 °C	28,6 °C	28,8 °C
Temperatura radiante média (°C):	25,2 °C	26,8 °C	27,7 °C	28,3 °C	28,4 °C
Velocidade relativa do ar:	0,04 m/s	0,03 m/s	0,03 m/s	0,04 m/s	0,02 m/s
Umidade relativa:	57,20%	52,60%	50,60%	47%	54,10%
Taxa de metabolismo:	1,0 met	1 met	1 met	1 met	1 met
Isolamento térmico das vestimentas:	0,37 clo	0,37 clo	0,37 clo	0,37 clo	0,37 clo
Voto Médio Estimado:	-0,55	0,1	0,53	0,75	0,88
Porcentagem Estimada Insatisfeitos:	11%	5%	10%	16%	21%

DIA FRIO CASA 1	8H	12H	15H	18H	21H
Temperatura ambiente:	18,9 °C	21,6 °C	22,2 °C	22,7 °C	22,5 °C
Temperatura radiante média (°C):	20,8 °C	21,9 °C	22,5 °C	22,7 °C	22,6 °C
Velocidade relativa do ar:	0,05 m/s	0,06 m/s	0,05 m/s	0,02 m/s	0,03 m/s
Umidade relativa:	58,60%	53,50%	49,10%	48,90%	54,50%
Taxa de metabolismo:	1 met	1 met	1 met	1 met	1 met
Isolamento térmico das vestimentas:	0,47 clo	0,47 cl	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo
Voto Médio Estimado:	-2,48	-1,7	-1,49	-1,35	-1,37
Porcentagem Estimada Insatisfeitos:	93%	61%	50%	42%	43%

DIA QUENTE CASA 2 (s/ árvore)	8H	12H	15H	18H	21H
Temperatura ambiente:	23,5 °C	26,8 °C	28 °C	28,6 °C	28,9 °C
Temperatura radiante média(°C):	23,4 °C	26,7 °C	31,1 °C	27,8 °C	26,9 °C
Velocidade relativa do ar:	0,03 m/s	0,03 m/s	0,01 m/s	0,04 m/s	0 m/s
Umidade relativa:	62,30%	52,60%	50,60%	47%	54,10%
Taxa de metabolismo:	1 met	1 met	1 met	1 met	1 met
Isolamento térmico das vestimentas:	0,37 clo	0,37 clo	0,37 clo	0,37 clo	0,37 clo
Voto Médio Estimado:	-1,27	0,08	1,21	0,65	0,61
Porcentagem Estimada Insatisfeitos:	38%	5%	35%	13%	12%

DIA FRIO CASA 2	8H	12H	15H	18H	21H
Temperatura ambiente:	16,5 °C	21,7 °C	23,5 °C	23,3 °C	19,5 °C
Temperatura radiante média (°C):	17,1 °C	21,5 °C	22,6 °C	21,5 °C	18,6 °C
Velocidade relativa do ar:	0,26 m/s	0,34 m/s	0,31 m/s	0,46 m/s	0,3 m/s
Umidade relativa:	70,70%	52,20%	40,90%	44,30%	63,70%
Taxa de metabolismo:	1 met	1 met	1 met	1 met	1 met
Isolamento térmico das vestimentas:	1,18 clo	0,63 clo	0,63 clo	0,63 clo	0,63 clo
Voto Médio Estimado:	-1,62	-1,93	-1,35	-1,73	-2,71
Porcentagem Estimada Insatisfeitos:	57%	73%	42%	63%	96%

Tabela 02 – VME e PEI para 3 a 12 de maio de 2004.

CONJUNTO RESIDENCIAL COSMOS - 03 A 12 DE MAIO DE 2004

Ponto: DIA QUENTE CASA 1 (c/ árvore)	8H	12H	15H	18H	21H
Temperatura ambiente:	25,4 °C	25,9 °C	29 °C	28,3 °C	27,4 °C
Temperatura radiante média (°C):	25,7 °C	26,2 °C	30,2 °C	27,9 °C	27,4 °C
Velocidade relativa do ar:	0,01 m/s	0,01 m/s	0,04 m/s	0,01 m/s	0,02 m/s
Umidade relativa:	60,40%	54,40%	47,20%	48,90%	53,10%
Taxa de metabolismo:	1 met	1 met	1 met	1 met	1 met
Isolamento térmico das vestimentas:	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo
Voto Médio Estimado:	-0,13	0,02	1,34	0,79	0,55
Porcentagem Estimada Insatisfeitos:	5%	5%	42%	18%	11%

Ponto: DIA FRIO CASA 1	8H	12H	15H	18H	21H
Temperatura ambiente:	20,7 °C	22 °C	25,3 °C	25,6 °C	24 °C
Temperatura radiante média (°C):	21,5 °C	24,8 °C	38,3 °C	24,0 °C	23,5 °C
Velocidade relativa do ar:	0,02 m/s	0,02 m/s	0,05 m/s	0,06 m/s	0,03 m/s
Umidade relativa:	63,90%	62,50%	55,40%	53,60%	59%
Taxa de metabolismo:	1 met	1 met	1 met	1 met	1 met
Isolamento térmico das vestimentas:	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo
Voto Médio Estimado:	-1,91	-1,05	2,13	-0,44	-0,84
Porcentagem Estimada Insatisfeitos:	72%	28%	82%	9%	19%

Ponto: DIA QUENTE CASA 2 (s/ árvore)	8H	12H	15H	18H	21H
Temperatura ambiente:	24,1 °C	20 °C	26,7 °C	26 °C	25,8 °C
Temperatura radiante média (°C):	23,8 °C	19,6 °C	26,2 °C	25,3 °C	25,1 °C
Velocidade relativa do ar:	0,02 m/s	0,04 m/s	0,02 m/s	0,02 m/s	0,01 m/s
Umidade relativa:	66%	69,60%	51,20%	54,20%	57,10%
Taxa de metabolismo:	1 met	1 met	1 met	1 met	1 met
Isolamento térmico das vestimentas:	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo
Voto Médio Estimado:	-0,71	-2,35	0,16	-0,12	-0,18
Porcentagem Estimada Insatisfeitos:	15%	89%	5%	5%	5%

Ponto: DIA FRIO CASA 2	8H	12H	15H	18H	21H
Temperatura ambiente:	20 °C	20,5 °C	21,8 °C	22,5 °C	22,1 °C
Temperatura radiante média (°C):	19,6 °C	20,9 °C	22,9 °C	21,8 °C	21,4 °C
Velocidade relativa do ar:	0,04 m/s	0,03 m/s	0,03 m/s	0,03 m/s	0,03 m/s
Umidade relativa:	69,60%	70,30%	63,90%	59,50%	64,20%
Taxa de metabolismo:	1 met	1 met	1 met	1 met	1 met
Isolamento térmico das vestimentas:	0,63 clo	0,63 clo	0,63 clo	0,63 clo	0,63 clo
Voto Médio Estimado:	-1,75	-1,45	-0,92	-0,98	-1,08
Porcentagem Estimada Insatisfeitos:	64%	48%	22%	25%	29%

Tabela 03 – VME e PEI para 13 a 24 de maio de 2003.

CONJUNTO RESIDENCIAL COSMOS - 13 A 24 DE MAIO DE 2004

DIA QUENTE CASA 1 (c/ árvore)	8H	12H	15H	18H	21H
Temperatura ambiente:	22,6 °C	22,7 °C	23 °C	23 °C	22,5 °C
Temperatura radiante média (°C):	23,1 °C	23,1 °C	23,4 °C	23,0 °C	22,6 °C
Velocidade relativa do ar:	0,02 m/s	0,01 m/s	0,04 m/s	0 m/s	0,01 m/s
Umidade relativa:	65,50%	65,40%	67,10%	66,10%	68,30%
Taxa de metabolismo:	1 met	1 met	1 met	1 met	1 met
Isolamento térmico da vestimenta:	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo
Voto Médio Estimado:	-1,18	-1,16	-1,03	-1,1	-1,27
Porcentagem Estimada Insatisfeitos:	34%	33%	27%	30%	38%

DIA FRIO CASA 1	8H	12H	15H	18H	21H
Temperatura ambiente:	17,8 °C	20 °C	23,3 °C	23,3 °C	22 °C
Temperatura radiante média (°C):	18,6 °C	20,8 °C	27,4 °C	22,8 °C	22,0 °C
Velocidade relativa do ar:	0,02 m/s	0,03 m/s	0,06 m/s	0,01 m/s	0,02 m/s
Umidade relativa:	52,20%	59%	51,60%	48,40%	55,90%
Taxa de metabolismo:	1 met	1 met	1 met	1 met	1 met
Isolamento térmico da vestimenta:	0,63 clo	0,63 clo	0,63 clo	0,47 clo	0,47 clo
Voto Médio Estimado:	-2,45	-1,64	-0,02	-1,2	-1,57
Porcentagem Estimada Insatisfeitos:	92%	58%	5%	35%	54%

DIA QUENTE CASA 2 (s/ árvore)	8H	12H	15H	18H	21H
Temperatura ambiente:	21,4 °C	21,5 °C	21,8 °C	21,9 °C	21,6 °C
Temperatura radiante média (°C):	21,0 °C	21,2 °C	21,4 °C	21,2 °C	21,1 °C
Velocidade relativa do ar:	0,01 m/s	0,02 m/s	0,02 m/s	0,01 m/s	0 m/s
Umidade relativa:	72,80%	71,70%	76,80%	74,50%	75,50%
Taxa de metabolismo:	1 met	1 met	1 met	1 met	1 met
Isolamento térmico da vestimenta:	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo	0,47 clo
Voto Médio Estimado:	-1,77	-1,72	-1,58	-1,6	-1,68
Porcentagem Estimada Insatisfeitos:	65%	62%	55%	56%	60%

DIA FRIO CASA 2	8H	12H	15H	18H	21H
Temperatura ambiente:	17,6 °C	18,3 °C	20,2 °C	20,5 °C	20 °C
Temperatura radiante média (°C):	17,2 °C	18,3 °C	20,2 °C	19,8 °C	19,5 °C
Velocidade relativa do ar:	0 m/s	0,03 m/s	0,03 m/s	0 m/s	0,01 m/s
Umidade relativa:	63,50%	65,20%	60,60%	59,80%	61,10%
Taxa de metabolismo:	1 met	1 met	1 met	1 met	1 met
Isolamento térmico da vestimenta:	0,63 clo	0,63 clo	0,63 clo	0,63 clo	0,63 clo
Voto Médio Estimado:	-2,63	-2,32	-1,67	-1,68	-1,81
Porcentagem Estimada Insatisfeitos:	95%	88%	60%	60%	67%

4. DISCUSSÃO

Observou-se que em quase todos os casos a porcentagem de insatisfeitos é muito grande, mostrando um ambiente fora da região de conforto. A casa com árvore apresenta uma porcentagem menor de insatisfeitos pelo calor, mas ainda assim os ambientes não são confortáveis, o que faz com que sejam inadequadas em relação ao conforto térmico para a permanência dos moradores. É interessante notar que a casa sem sombreamento mostrou um desconforto por frio maior que a casa sombreada no período frio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKBARI, Hashem, TAHA, Haider. *Impact of trees and white surfaces on residential heating and cooling energy use in four Canadian cities*. Energy (Oxford), v. 17, n.2, p.141-149, Feb. 1992.

BERNATZKY, Aloys. *The contribution of trees and green spaces to a town climate*. Energy and Buildings, v.5, p.1-10,1982.

BUENO, Carolina Lotufo. *Estudo da Atenuação da Radiação Solar Incidente por Diferentes Espécies Arbóreas*. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp, 1998. (Dissertação de Mestrado).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. (1994) *ISO 7730; Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*. Geneva.

RIVERO, Roberto (1985). *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural*. Porto Alegre: D. C. Luzzatto, 240p. il. 1ª edição.

RUAS, A.C. *Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software*. 183 p. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas, 2002.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pela concessão da bolsa de mestrado.