



TIPOS DE REVESTIMENTO DO SOLO E SUA INFLUÊNCIA NO MICROCLIMA: ESTUDO DE CASO PARA A UNICAMP – SP

Angelina Costa (1); Gelly Rodrigues (2); Lucila Labaki (3)

(1) Autora. Doutoranda em Engenharia Civil – UNICAMP

(2) Autora. Mestranda em Engenharia Civil – UNICAMP

(3) Orientadora. Profa. Dra. do Programa de Pós Graduação em Eng. Civil - UNICAMP

e-mail: angelina@fec.unicamp.br

Caixa Postal 6021 Cep 13083 970 Campinas/ SP – Brasil

Tel. (19) 37882384 Fax (19) 37882411.

RESUMO

Este estudo investigou a influência do tipo de revestimento do solo nos resultados de variáveis ambientais e correlacionou com a sensação térmica do usuário no espaço aberto. A pesquisa foi realizada no campus da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, em Campinas/SP, que tem o clima composto e sua ocupação consolidada. Analisaram-se aspectos físicos da área de estudo (topografia, altura dos edifícios, uso do solo, áreas verdes e tipo de recobrimento do solo), e foram feitas medições das variáveis ambientais: temperatura de ar e umidade relativa, a velocidade e direção dos ventos e temperatura superficial, simultaneamente a entrevistas com os usuários sobre a sensação térmica no ambiente externo. Para análise estatística, foram verificadas as variáveis em 02 pontos, com tipos diferentes de revestimento do solo: asfalto e gramado; às 09:00h, 12:00h, 15:00h e 18:00h em outubro/2004. A análise mostra que o ponto com asfalto foi sempre mais quente, com uma diferença máxima de 10°C (temperatura superficial). Além disso, a maioria dos entrevistados sentiu-se desconfortável com as circunstâncias ambientais, especialmente no ponto asfaltado. Finalmente, foram propostas algumas melhorias para os locais, como o plantio de mais árvores de modo a oferecer sombra, transformando-se num atrativo ao uso desses espaços.

ABSTRACT

This study investigated the influence of the soil pavement in the results of the environmental variables and correlated it to the user's thermal sensation in open space. The research was carried out in the Campus of the *Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP*, in Campinas/SP, Brazil, that has a composed climate and a consolidated occupation. First there were analyzed physical aspects of the studied area like topography, land use, high buildings, green areas and soil pavement and were realized measurements of air temperature e humidity, air velocity and direction, and surface temperature, besides formularies were applied with the people about their thermal sensation. To the statistical analysis, 02 points were measured, located into the Campus with two different kinds of soil pavement: asphalt and lawn, at 09:00h, 12:00h, 15:00h and 18:00h in October 2004. The analysis shows that the point with asphalt were always more warm then the other, with a difference of 10°C

(superficial temperature). Although, the majors people interviewed felt uncomfortable in the ambient conditions specially in the point with asphalt. Finally, were proposed some improvements to the points like the location of more trees to offer shade that could be an attractive to the use of that spaces.

1. INTRODUÇÃO

A análise de ambientes externos, embora seja complexa e envolva muitas variáveis, é imprescindível e cada vez mais abordada sob a ótica do conforto térmico, a fim de identificar as exigências necessárias para o bem estar do homem. Sabe-se que a intervenção antrópica na cidade, com a substituição de um ecossistema natural por estruturas artificiais, ocasiona impactos ambientais significativos (principalmente a deterioração da qualidade do clima e do ar), o que representa uma diminuição das condições de habitabilidade humana.

Esse trabalho, desenvolvido no âmbito da disciplina de pós-graduação Conforto Térmico, objetivou investigar o microclima de espaços externos com distintos tipos de revestimento do solo e o nível de satisfação dos usuários desses espaços em relação ao conforto térmico, verificando ainda se há relação entre a sensação e o tipo de material existente na superfície horizontal. Teve como área de estudo dois ambientes ao ar livre da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Segundo Chvatal, Labaki e Kowaltowski (1999) a cidade de Campinas/ SP está situada a uma latitude de 23°S, uma longitude de 47°O de longitude e 694 m de altitude. Possui um clima composto com um período de verão que compreende os meses de novembro a março (e chove mais) e um período de inverno, mais curto, de junho a agosto; indicando a predominância do calor sobre o frio. A figura 1 mostra a localização de Campinas na região Sudeste.



Figura 1 – Localização de Campinas na região Sudeste

Fonte: < <http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/mapas/> >

O mês mais quente é fevereiro com temperatura média de 29,9° C, e o mais frio é junho com média de 12,2° C. A umidade relativa do ar varia de 64,3% (em agosto) a 77% (em janeiro), e a direção predominante do vento é Sudeste com velocidade média anual de 2,5m/s. Há ainda uma grande amplitude térmica diária, de 10,4° C (verão) a 12,9° C (no inverno).

A sensação de conforto térmico das pessoas é função não só das condições ambientais – temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do ar e temperatura radiante média – mas também de fatores pessoais como: tipo de vestimenta usada e de atividade desenvolvida; além de outras características que a influenciam marginalmente como: aclimatação ao meio, hábitos alimentares, altura e peso.

Givoni e Noguchi (2000) afirmam que o conforto térmico das pessoas ao ar livre é um dos fatores influenciadores da quantidade e intensidade da realização das atividades e da ocupação das ruas, praças, *playgrounds* e parques urbanos. Daí a preocupação dos arquitetos e urbanista em “criar” ou, em alguns casos, “recriar” um espaço termicamente agradável, para que seja de fato usado pela população.

2. METODOLOGIA UTILIZADA

O trabalho baseou-se na metodologia de Katzchner (1997) e se iniciou com a caracterização física da área (considerando topografia, uso e ocupação do solo, altura das edificações, existência de áreas verdes e tipo de revestimento do solo) para posterior escolha dos pontos onde foram realizadas as medições, seguidos pelo tratamento estatístico dos dados levantados e a proposição de melhorias para a área. Foram escolhidos 02 pontos com tipos de revestimento de solo distintos: asfalto e gramado.

A bateria de medições ocorreu no dia 14 de Outubro de 2004 às 9h, 12h, 15h e 18h. Foram medidas temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, temperatura de globo, temperatura superficial e velocidade dos ventos; utilizando-se de equipamentos específicos como termômetro de globo, de bulbo seco e úmido, termômetro infravermelho e anemômetro digital. Os equipamentos foram montados em um tripé ao ar livre, localizado no centro geográfico dos ambientes em estudo, sem portanto a interferência de sombreamento em qualquer horário do dia, como mostra a figura 2.

Simultaneamente à medição das variáveis ambientais foram realizadas entrevistas com a população usuária (aplicação de formulários), levantando-se a sensação de conforto térmico experimentada em 03 horários distintos (12h, 15h e 18h), havendo sempre 04 coletas em cada um dos dois pontos - asfalto e gramado - totalizando 24 formulários válidos. Os formulários tinham 02 partes distintas: uma caracterização do usuário quanto a aspectos pessoais: peso, idade, sexo, vestimenta e atividade em desenvolvimento; e outra quanto às sensações térmicas experimentadas.



Figura 2 – Tripé com equipamentos utilizados

Em seguida foi feita uma análise estatística, que gerou os gráficos; e foi utilizado o *software* Conforto 2.02, para o cálculo do Voto Médio Estimado (PMV), que demonstrou o grau de satisfação dos entrevistados. Os resultados encontrados implicaram em proposições de melhorias para as áreas estudadas, que poderão maximizar o conforto térmico naqueles ambientes externos.

2. 1. Apresentação dos Pontos

Os dois pontos medidos estão localizados em áreas próximas, como mostra a figura 3, dentro do Campus Universitário da UNICAMP. O primeiro ponto medido – chamado Asfalto - localiza-se no centro de um grande estacionamento existente atrás da Biblioteca Central do Campus, o espaço é totalmente pavimentado com asfalto e dotado de algumas árvores de médio porte na periferia. Sua topografia é praticamente plana e o entorno tem grandes massas edificadas (Centro de Convenções da Unicamp e Biblioteca Central) com uma média de 04 pavimentos em dois lados do quadrilátero.

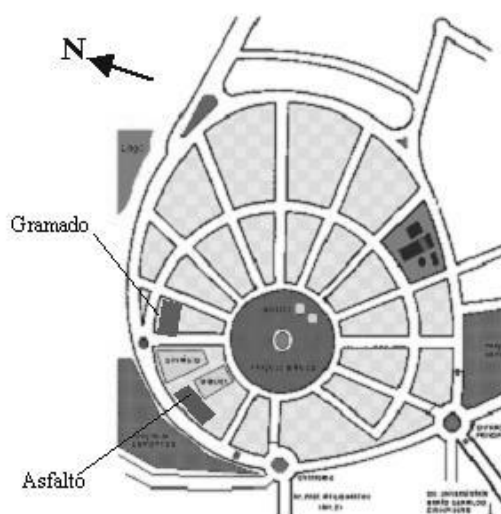


Figura 3 – Localização da área objeto de estudo

Fonte: < <http://www.dep.fem.unicamp.br/~cep/#>>

Vale ressaltar que o espaço é usado tanto para embarque quanto para desembarque de passageiros do estacionamento e que não existe uma área apropriada para espera, além disso, é ainda um ambiente de circulação/ passagem para pessoas em deslocamento entre os edifícios e as paradas de ônibus existentes na via de acesso ao Campus. A grande superfície asfaltada pode ser vista na figura 4.



Figura 4 – Foto do ponto Asfalto

O segundo ponto – chamado Gramado - possui topografia acidentada em forma de vale, sendo que os quatro lados do quadrilátero têm edificações que variam de térreas até 04 pavimentos. Em 03 dos lados existem árvores de pequeno/ médio porte, que fornecem sombra aos veículos estacionados na periferia. O espaço é usado como lazer em alguns dias da semana (jogo de futebol) e para eventos em algumas épocas do ano (como missas, etc.), mas diariamente é passagem de inúmeros pedestres que “cortam caminho” para chegar às edificações do entorno. A figura 5 ilustra a área.



Figura 5 – Foto do ponto Gramado

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISES DOS DADOS

3.1. Análise das Variáveis Ambientais

A partir dos dados ambientais gerados pelas medições foram feitas algumas análises. Em relação à *Temperatura do Ar* tem-se que a média geral da temperatura no ponto asfalto foi de 26,9°C, enquanto que no ponto gramado foi de 26,8°C. Muito embora, tenha-se registrado temperaturas máximas (em ambos) de 28,0°C e mínimas de 25,5°C para o ponto asfalto e de 24,5°C para o ponto gramado.

A Tabela 1 traz os resultados médios para cada horário medidos em cada um dos pontos, além disso apresenta as médias da temperatura dos dois pontos para cada horário e a diferença entre eles.

Tabela 1 - Dados de temperatura do ar

Hora	Asfalto	Gramado	Média	Diferença
9h	25,5° C	27,5° C	26,5° C	2,0° C
12h	28,0° C	27,0° C	27,5° C	1,0° C
15h	27,5° C	28,0° C	28° C	0,5° C
18h	26,5° C	24,5° C	25,5° C	2,0° C

A análise mostra que o ponto gramado ao final das medições consegue ter uma temperatura menor, o que pode ter sido influenciado pelo tipo de revestimento uma vez que este absorve menos calor que o asfalto e conseqüente transmite menos calor para o ar, como defendem Santamouris (1997) e Hough (1998). Em um mesmo horário de medição foram encontradas diferenças de até 2,0 ° C.

Uma vez que se está interessado em saber qual a influência do tipo de revestimento das superfícies horizontais na temperatura do ar, foi medida a *Temperatura Superficial*, com o auxílio de um termômetro de infravermelho. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados de temperatura superficial

Hora	Asfalto	Gramado	Média	Diferença
9h	32,6° C	23,5° C	28,1° C	9,1° C
12h	38,6° C	27,2° C	32,9° C	11,4° C
15h	37,6° C	28,9° C	33,3° C	8,7° C
18h	29,3° C	22,9° C	26,1° C	6,4° C

Pode-se concluir com isso que o asfalto realmente armazena mais calor que o gramado e o transmite para o ar, o que concorda com as referências encontradas na bibliografia. Nota-se que ele esteve durante todo o dia de medição mais quente que a superfície gramada, e que a diferença entre os dois tipos de revestimento chegou a mais de 10,0°C.

Em relação a variável *Umidade Relativa* do ar verificou-se que foi sempre maior na área gramada, quando comparada ao estacionamento com asfalto, inclusive às 18h, a umidade relativa do ar foi 10% mais elevada na área gramada. Como apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados de umidade relativa do ar

Hora	Asfalto	Gramado	Média	Diferença
9h	85%	86%	86%	1%
12h	76%	79%	78%	3%
15h	72%	73%	73%	1%
18h	79%	86%	83%	7%

Aqui o tipo de recobrimento do solo também influenciou diretamente nos resultados encontrados. A área verde que recobre a superfície do ponto gramado é permeável, e sua composição vegetal consegue refletir mais a radiação solar e absorver mais a água das chuvas, mantendo-se mais fresca do que o asfalto. Já no ponto asfalto, a impermeabilização por meio da pavimentação asfáltica, faz com que a evacuação da água de precipitação seja muito rápida, e consequência disso a evapotranspiração seja reduzida, como afirma García (1999).

Em relação a velocidade dos ventos, cujos dados estão apresentados na tabela 4, verifica-se que diferiu significativamente entre as áreas analisadas. A velocidade média dos ventos variou de 0,6 m/s a 4,2 m/s no asfalto e de 1,1 m/s a 2,4 m/s no gramado.

Tabela 4 - Velocidade dos ventos

Hora	Asfalto	Gramado	Media	Diferença
-------------	----------------	----------------	--------------	------------------

9h	0,6 m/s	2,4 m/s	1,5 m/s	1,8 m/s
12h	4,2 m/s	1,4 m/s	2,8 m/s	2,8 m/s
15h	3,9 m/s	1,5 m/s	2,7 m/s	2,4 m/s
18h	1,9 m/s	1,1 m/s	1,5 m/s	0,8 m/s

Em geral, as velocidades médias do vento observadas na área gramada, foram menores que as do asfalto. Isso pode ter sido ocasionado pelo fato do ponto de medição gramado encontrar-se numa área de vale, enquanto que o ponto asfalto localiza-se em uma superfície plana, com menor rugosidade e obstáculos ao vento.

3.2. Análise da sensação térmica

Analisando-se os formulários tem-se que: em relação ao sexo foram pesquisados: 17 homens e 07 mulheres o que corresponde a 70,8% e 29,2% do total, respectivamente. Além disso, os usuários destes ambientes estavam desenvolvendo 05 tipos de atividades: em pé/parado (10 – 41,6%), andando (10 – 41,6%), trabalhando (02 – 8,4%), sentados (01 – 4,2%) e jogando (01 – 4,2%). Dos entrevistados, 06 (25%) deles estavam no ambiente externo há algumas horas, os demais (18 - 75%) estavam no local da entrevista a menos de 01 hora o que caracteriza realmente os locais como de passagem.

Dois parâmetros foram principais no estudo do conforto térmico: sensações e preferências térmicas. Apresentadas através de perguntas como, "Para você o ambiente externo neste momento está?" e "Neste momento você preferia que este ambiente estivesse...", organizadas em escalas de 07 pontos, que variaram de: muito frio a muito quente.

Como respostas obtiveram-se desde "quente a neutro" para a primeira questão e "mais quente a pouco mais frio" para a segunda. 50% dos pesquisados estavam se sentindo confortáveis no momento da entrevista e outros 50%, desconfortáveis devido ao calor (ninguém respondeu estar desconfortável por causa do frio!). A Figura 6 demonstra essa análise.

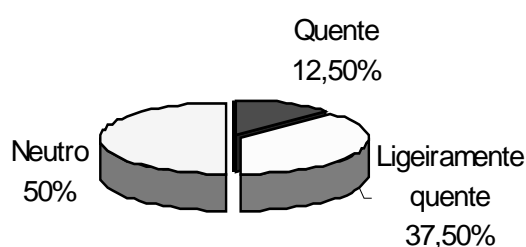


Figura 6: Sensação Térmica dos entrevistados

Dos usuários que responderam estar em conforto térmico no momento da entrevista, 42% estavam no ponto asfalto e 58% localizavam-se no ponto gramado, que também apresentou menores temperaturas médias do ar. Isso pode indicar que há uma relação entre o tipo de revestimento da superfície e a sensação térmica.

Já em relação à sensação desejada (segunda pergunta) 54% gostariam que houvesse neutralidade térmica para o ambiente externo (nem mais quente nem mais frio), os demais 42% (10 pessoas)

queriam um ambiente um pouco mais frio e apenas uma pessoa desejou o ambiente mais quente, correspondendo apenas a 4% dos entrevistados. A Figura 7 exemplifica melhor essa proporção.

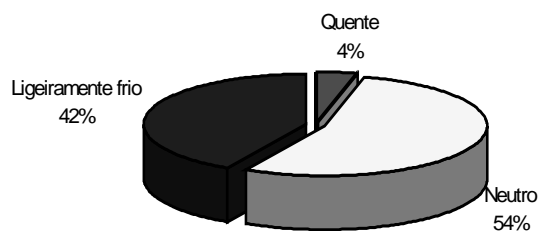


Figura 7: Preferência do Ambiente para os Entrevistados

De acordo com Lamberts, Dutra & Pereira (1997) o PMV de Fanger ou Voto Médio Estimado (*Predicted Mean Vote*) consiste em um valor numérico que traduz a sensibilidade humana ao frio e ao calor. O PMV para conforto térmico é zero, para o calor é positivo e para o frio, negativo, sendo a escala de -3 a $+3$.

Ruas & Labaki (1999) afirmam que este índice parte do princípio de que a sensação térmica das pessoas está estritamente relacionada com o equilíbrio térmico do corpo humano, influenciado por variáveis pessoais (taxa de metabolismo e isolamento térmico da vestimenta) e por variáveis ambientais (temperatura radiante média, umidade relativa, temperatura e velocidade relativa do ar).

Um valor associado ao índice é a Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (*Predict Percentage of Dissatisfied* - PPD) que recomenda para espaços de ocupação humana termicamente moderados um resultado menor que 10%, ou seja, entre -0.5 e $+0.5$.

O *software* conforto 2.02 (2002) foi a ferramenta utilizada para gerar os valores de Voto Médio Estimado das informações levantadas na pesquisa, a partir de dados de variáveis ambientais e pessoais. Considerando que os valores para o Voto Médio Estimado encontrados no programa Conforto 2.02 para os dados dessa pesquisa, variaram de $+3$ a -1 , tem-se que as sensações das pessoas oscilaram entre muito quente e ligeiramente frio.

Observou-se ainda que a porcentagem de pessoas insatisfeitas - PPD com o ambiente foi de 58% e somente 42% da população entrevistada estava em conforto térmico. Vale ainda ressaltar que dos usuários não satisfeitos com o ambiente térmico, 100% estava desconfortável devido ao calor.

4. PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS

Em primeiro lugar sugere-se a implantação de mais área verde na periferia do ponto Asfalto, de forma a amenizar a temperatura do entorno, ajudar na filtragem dos poluentes emitidos pelos veículos de passeio e ônibus e na absorção do barulho. Sugere-se ainda a criação de um passeio (com material semi-permeável) que interligue os edifícios do entorno; e que seja sombreado.

A sombra é um elemento importante para o pedestre deste espaço urbano, pois o protege da radiação solar direta e ainda funcionar como um filtro impedindo que a radiação solar incida diretamente e em sua totalidade sobre a superfície revestida. Ela pode ocorrer por intermédio da vegetação.

Estudos apresentados pelo *Heat Island Group* (2002) consideram que as superfícies horizontais escuras das coberturas e da pavimentação é que causam maiores problemas de aumento de calor. Isso quer dizer que se a área do estacionamento tivesse um outro tipo de recobrimento (mais claro) a temperatura superficial e o calor emitido para o entorno poderia ser diminuído e o ambiente seria um pouco mais agradável.

Sabe-se no entanto, que como a área do ponto Asfalto está destinada a um estacionamento de veículos pesados (ônibus) é importante se manter um tipo de revestimento resistente, mas poder-se-ia adotar o concreto (que é mais claro e por isso absorve menos calor).

Seria interessante se pensar também na criação de um espaço composto por cobertura e piso (sem envoltórias verticais) para a espera, embarque e desembarque de passageiros, com alguns bancos.

Em relação ao ponto Gramado, a permeabilidade do solo constitui-se atributo morfológico condicionante do clima urbano e, portanto, da melhoria das condições microclimáticas dos diversos espaços que formam as cidades, daí porque é importante se manter o espaço em questão com superfície gramada.

No entanto, observou-se a formação de caminhos que cruzam a área o que se dá tanto para diminuir as distâncias percorridas pelos pedestres (usuários desse ambiente) como também pela ausência de um passeio apropriado que circunde a área. Assim, propõe-se que seja criado um passeio periférico com material de revestimento semi-permeável (bloquetes de concreto entremeados por grama, por exemplo), sombreado pelas próprias árvores existentes. Além disso, é interessante se plantar mais árvores nas periferias (principalmente na lateral que já não as contempla).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como é comumente apontada na bibliografia, a realização de estudos de sensação térmica em ambientes externos não é uma tarefa fácil, devido às inúmeras variáveis envolvidas que devem ser analisadas, e neste caso também, ao fato de terem sido escolhidos ambientes de passagem onde as pessoas não permanecem por muito tempo não tendo, portanto, uma relação mais comprometida com eles.

Em termos metodológicos, os resultados encontrados e apresentados nesse trabalho são válidos, para o grupo pesquisado, mas sugere-se que em um outro estudo do tipo se trabalhe com uma amostra maior, para que os resultados possam ser representativos de toda a população usuária.

Considerando-se que o índice recomenda que o valor do PPD não exceda 10% para ambientes internos e embora a tolerância para o ambiente externo seja maior, acredita-se que os ambientes externos estudados à época da pesquisa estivessem realmente desagradáveis termicamente, uma vez encontrado um PPD de 58% .

Conclui-se ainda que a investigação caracterizou o microclima dos espaços em questão com distintos tipos de revestimento do solo e levantou a sensação térmica de usuários, verificando que pode haver uma relação entre a sensação e o tipo de material existente na superfície horizontal.

A situação exige que sejam consideradas e executadas as melhorias propostas como: a implantação planejada de arborização e manutenção da área permeável, e a construção de passeio sombreado, dentre outras, de forma a proporcionar aos usuários, mesmo em trânsito, um ambiente externo mais confortável. Isso poderia inclusive intensificar o uso desses espaços, já que a ocupação dos mesmos depende também da sensação de conforto experimentada neles.

Por fim, é válido ressaltar que a investigação do grau de conforto de ambientes externos aliados ao estudo do clima urbano pode indicar caminhos para o tratamento de áreas desagradáveis, e com isso,

trazer vantagens para aqueles que exercem suas atividades ao ar livre e os usuários em geral. Esse tipo de estudo vem conquistando espaço por causa da crescente urbanização (e de suas conseqüências) e é imprescindível que o planejador urbano considere as questões ambientais, transformando os resultados desse tipo de estudo em ações eficazes que preparem a cidade para um futuro com qualidade ambiental.

6. REFERÊNCIAS BLIOGRÁFICAS

- CHVATAL, Karin, LABAKI, Lucila, KOWALTOWSKI, Doris (1999). Caracterização de climas compostos e proposição de diretrizes para o projeto bioclimático: o caso de campinas. In: ENCAC. *Anais...*Fortaleza: ENTAC.
- CIÊNCIAS E ENGENHARIA DE PETRÓLEO. Localização. Disponível em <<http://www.dep.fem.unicamp.br/~cep/#>>. Acessado em 08 de dezembro de 2004.
- GARCÍA, Maria C. M. (1999). *Climatologia Urbana*. Barcelona: Universitat de Barcelona. Textos Docents – 160.
- GIVONI, Baruch; NOGUCHI, Mikiko (2000). Issues in outdoor comfort research. Cambridge: *Anais PLEA*, p. 562-564.
- Heat Island Group (2002). Disponível em <<http://www.epa.gov/heatisland/>>. Acessado em: 20 de novembro de 2004.
- HOUGH, Michael. (1998) *Naturaleza y ciudad: planificación urbana y procesos ecológicos*. Barcelona: Gustavo Gili.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE teen. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/mapas/>>. Acessado em 08 de dezembro de 2004.
- KATZCHNER, Lutz (1997) . Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Salvador. *Anais...* Salvador: FAUFBA, ANTAC. p. 49-58.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Oscar Ruttkay (1997). *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW. 192p. il.
- RUAS, A. C.; LABAKI, L. C. (1999). Contribuição à aplicação prática das normas internacionais na avaliação do conforto térmico. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: ANTAC.
- RUAS, Álvaro César (2002). Conforto 2.02. Disponível em <http://www.fundacentro.gov.br/CTN/pub_eletronicas_teses.asp>. Acessado em 23 de novembro de 2004.
- SANTAMOURIS, M. (1997). Energy and indoor climate in urban environments - Recent trends. In: IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Salvador. *Anais...* Salvador: FAUFBA/ANTAC. p.15-24.