

## ANÁLISE DA QUALIDADE DO AMBIENTE TÉRMICO DAS VIAS PÚBLICAS

**Vanessa Midori Takenaka (1); João Roberto Gomes de Faria (2)**

(1) Arquiteta pela FAAC/UNESP

E-mail: [vanessatakenaka@bol.com.br](mailto:vanessatakenaka@bol.com.br)

(2) Núcleo de Conforto Ambiental – NUCAM/DAUP/FAAC/UNESP

Tel: +55 14 221-2059 E-mail: [joaofari@faac.unesp.br](mailto:joaofari@faac.unesp.br)

### RESUMO

A rua não é apenas o espaço de trânsito de veículos, mas é também um espaço público de uso de pedestres, seja para passagem ou para convivência. Muitas vezes, porém, seu planejamento é subordinado ao uso dos automóveis e sua configuração urbana é resultado de composições arquitetônicas que não consideram suas conseqüências ambientais e energéticas no meio. Essa pesquisa teve como objetivo estudar a relação entre a morfologia e o ambiente térmico das vias urbanas, verificando, assim, as condições térmicas que os pedestres estão expostos. Por objeto de estudo escolheu-se a cidade de Bauru, no interior do estado de São Paulo, que apresenta uma diversificada morfologia de ruas, possibilitando um repertório mais abrangente sobre o assunto. Foram selecionados três segmentos de vias: um na área central, o segundo com entorno em fase de consolidação da ocupação e o terceiro em uma área em início de ocupação. Os resultados dos levantamentos forneceram subsídios para propostas de urbanização do terceiro trecho de via.

### ABSTRACT

The street is not only a vehicle traffic space, but also a public space for the pedestrian circulation and common use. Many times, however, its planning is subordinated to cars use and the urban configuration results on architectonic compositions that don't consider their environmental and energetic consequences. This research studied the street morphology and its thermal environment relations, verifying, in this way, the thermal conditions to which the pedestrians were submitted. The study object was the Bauru (SP) downtown, which a diversified street morphology. Three streets segments were selected: the first in the central urban area; the second in an urban area in consolidation stage and the last one in a beginning urbanization process. The conclusions of this work subsidized plans for the third street urbanization plans.

### 1. INTRODUÇÃO

Considerando-se que a rua, não é somente um espaço de fluxo de veículos, mas também de passagem convivência das pessoas, torna-se oportuna a análise de seu ambiente térmico, que é um dos condicionantes para a ocupação desse espaço, em especial no período diurno.

Segundo ASSIS e FROTA (1999), o crescimento das cidades de maneira especulativa, desordenada e sem preocupações com o meio ambiente cria formas urbanas com sérios problemas, principalmente nas cidades tropicais: a elevação da temperatura do ar e a diminuição da umidade relativa do ar, criando um ambiente desfavorável à saúde e produtividade humana; a intensificação do consumo de energia artificial, como o ar condicionado nos edifícios; maiores ocorrências de tempestades nas cidades, que resultam em danos materiais e sociais, entre outros. Para a autora, assim como para EVANS e DE SCHILLER (1996), a geometria é uma variável que pode ser controlada para a preservação das condições bioclimáticas, através da orientação solar e da ventilação da estrutura urbana e as relações de altura e passagem entre edifícios. Diversas variáveis e diversos métodos podem ser usados para tal, como apontam aqueles autores, além de PEREIRA *et al.* (2001), ADOLPE (2001), HOYANO (1999) e MASCARÓ (1986). Esta última aponta, além da forma urbana, a presença da vegetação como atenuadora do calor nas vias públicas. Na mesma linha, ELIASSON (2000) aponta também a influência dos materiais de construção nos processos de trocas térmicas da cidade.

A análise térmica de espaços abertos é abordada segundo métodos diversos, como a reação frente ao vento (SOLIGO, 1998 – método esse de larga aplicação em países de clima frio) e aplicação de índices de conforto, como o PET (*Physiologically Equivalent Temperature*) (MATZARAKIS e MAYER, 1998 e 2000, KATZCHNER, 1997), o THI (*Temperature Humidity Index*) (DEOSTHALI, 1999). MATZARAKIS *et al.* (1999) aponta a equivalência de escalas entre o PET e o voto estimado de Fanger (PMV), embora este último tenha sido originalmente desenvolvido para ambientes fechados e apresente limitações quanto ao valor máximo da temperatura radiante média ( $T_{rm}$ ). NIKOLOPOULOU *et al.* (2001 e 2003) indica uma correção para espaços externos, onde a frequência máxima da distribuição passa de um PMV de aproximadamente -2 para aproximadamente 1. De qualquer forma, esses estudos comprovam a viabilidade do emprego do PMV para avaliação térmica de espaços abertos.

Essa pesquisa tomou por objeto de estudo a cidade de Bauru (SP), da qual foram estudadas as relações entre a morfologia, o uso e o ambiente térmico de trechos de algumas de suas vias principais. A cidade, localizada no interior do estado, possui clima Cwa, marcado principalmente por uma estação seca e uma chuvosa, com temperatura média mensal da ordem de 21°C, estável durante o ano, mas com amplitudes térmicas diárias da ordem de 15°C. Esses valores caracterizam dias quentes, durante os quais a população sai às ruas para as mais diversas atividades.

Atualmente os autores estão realizando uma caracterização térmica da camada intra-urbana de toda a cidade de Bauru-SP, da qual o trabalho aqui relatado foi uma etapa preliminar da pesquisa.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foram selecionados trechos de três vias públicas com morfológicas particulares e que possuem em comum o escoamento do trânsito de veículos e um fluxo muito intenso de pedestres (Figura 1):

- Av. Rodrigues Alves: cruza a área central da cidade. A ocupação do entorno, bastante densa e totalmente consolidada, é caracterizada por edificações predominantemente de dois pavimentos, intercaladas por edifícios isolados, sem recuo, de uso misto. É usada principalmente para o transporte público, constituindo-se num grande corredor de ônibus urbanos. O uso por parte dos pedestres é principalmente de passagem entre as ruas comerciais vizinhas e para o acesso aos ônibus;
- Av. Getúlio Vargas: está localizada na área mais valorizada, o setor sul da cidade. Sua ocupação é totalmente assimétrica, uma vez que de um de seus lados fica a pista do aeroporto local. A característica mais marcante da avenida, além de escoar o fluxo de veículos dos bairros para o centro, é a concentração de pessoas em atividades físicas e de lazer. Dessa maneira, os equipamentos voltados para essa via buscam mesclar essas atividades com outras de uma rua normal, configurando um espaço com usos variados: do lado do aeroporto, pista para caminhada e equipamentos de ginástica ao ar livre; do lado oposto, academias, lanchonetes, restaurantes e

choperias voltados para o movimento da via, além de supermercado, galerias, residências e alguns poucos prédios de apartamentos;

- Av. Eng. Luis Edmundo Carrijo Coube: via de ligação entre um bairro da periferia e o campus da UNESP, é atualmente pouco mais que uma pequena estrada. Apesar disso, possui um grande fluxo de veículos e de pedestres. Estes últimos se deslocam por um leito carroçável estreito e sem nenhuma infra-estrutura, a pé ou de bicicleta, seja para trabalhar, seja para fazer caminhadas. De um lado, os terrenos pertencem a instituições públicas (UNESP, Prefeitura Municipal e Hospital Estadual); do lado oposto, a área é propriedade privada, mas encontra-se quase que totalmente desocupada, e dessa formas ambos os lados formam uma grande área verde.



**Figura 2.** Mancha urbana de Bauru (sem escala), mostrando em destaque os objetos do estudo (sem escala).

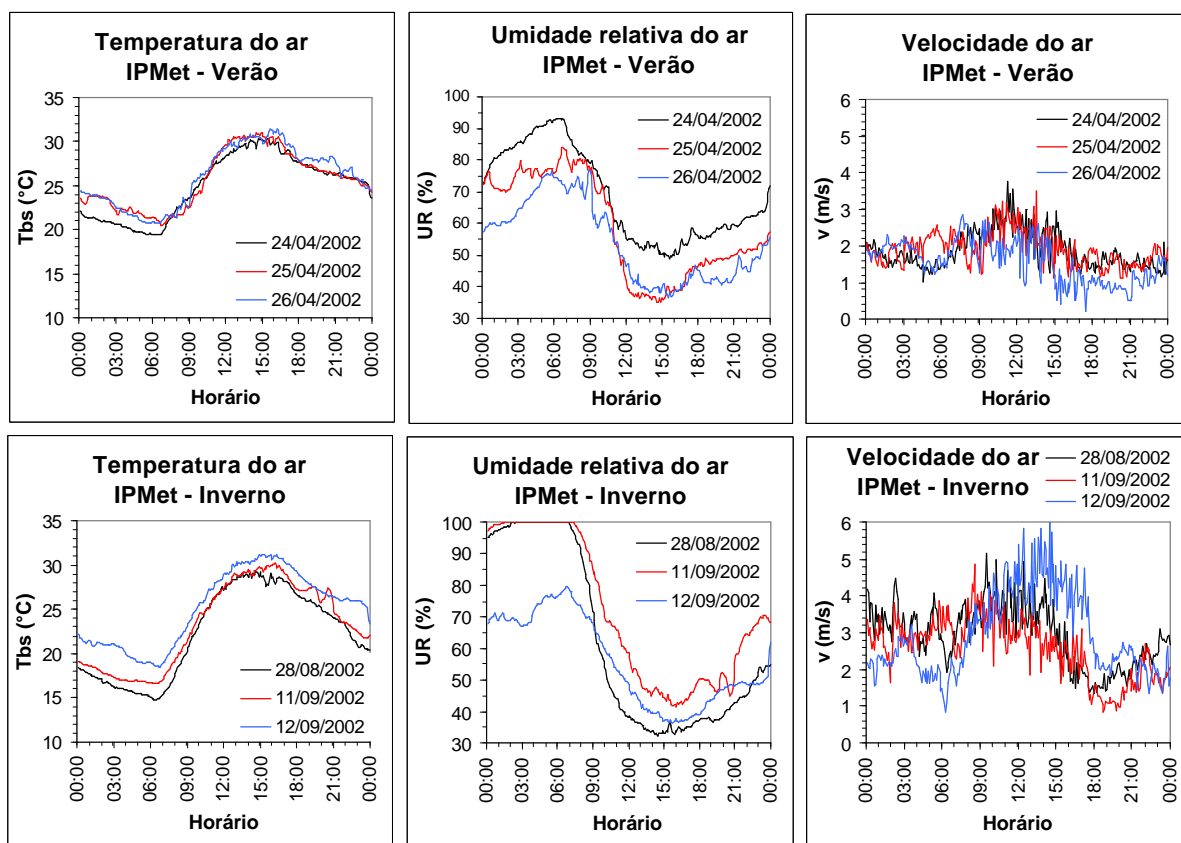
Foram escolhidos trechos significativos dessas vias, nos quais foram realizados levantamentos de seus ambientes térmicos, na forma de medição de temperaturas de bulbos seco e úmido, de globo e velocidade do vento, e de observação dos pedestres em relação a tipo de vestimenta usada e comportamento (procura de sombra). Os levantamentos foram feitos durante um dia no verão e um dia no inverno por avenida, dias estes com condições atmosféricas estáveis, conforme informações do Instituto de Pesquisas Meteorológicas da UNESP – IPMet. As leituras de dados foram realizadas em intervalos de 15 min e os pontos de amostragem cobriram ambos os lados das vias. No caso das avenidas Rodrigues Alves e Getúlio Vargas, isto significou realizar medições em pontos sombreados e expostos à radiação direta; na Av. Eng. Luis Edmundo Carrijo Coube, o sombreamento do ponto ocorreu somente ao final da tarde, devido às longas sobras projetadas pela massa de árvores.

A partir do levantamento foram realizadas análises onde se procurou determinar a importância das variáveis térmicas no tipo de uso ou no bem-estar do pedestre. Dessa forma, a partir da observação de comportamento (registrada por fotos), determinou-se a proporção de pessoas ao sol e na sombra, confrontando-a com a sensação térmica da observadora. Com os dados medidos, calcularam-se dois índices de conforto térmico para comparação: o PMV e o PET. Para o cálculo do PMV (e da

porcentagem de pessoas insatisfeitas – PPD) empregou-se o software PMVTool (disponível gratuitamente em <http://www.squ1.com>) e para o cálculo do PET empregou-se o software PET (gentilmente cedido pelo prof. Dr. Lutz Katzchner para a realização deste trabalho). As variáveis psicrométricas de entrada nesses programas foram calculadas a partir das temperaturas de bulbo seco e úmido pelo programa PsicroEXCEL (desenvolvido pelo autor). A Trm foi calculada pela equação  $Trm = Tg * (1 + 2,35 * v ^ 0,5) - 2,35 * Tbs * v ^ 0,5$  ( $Tg$  = temperatura de globo,  $Tbs$  = temperatura de bulbo seco e  $v$  = velocidade média em 5 min do vento), exposta por AULICIEMS & SZOKOLAY (2001). A vestimenta e a atividade física dos pedestres foram observadas a partir de fotos batidas durante cada horário de leitura das variáveis térmicas. Não se empregou nesse estudo nenhuma correção do PMV.

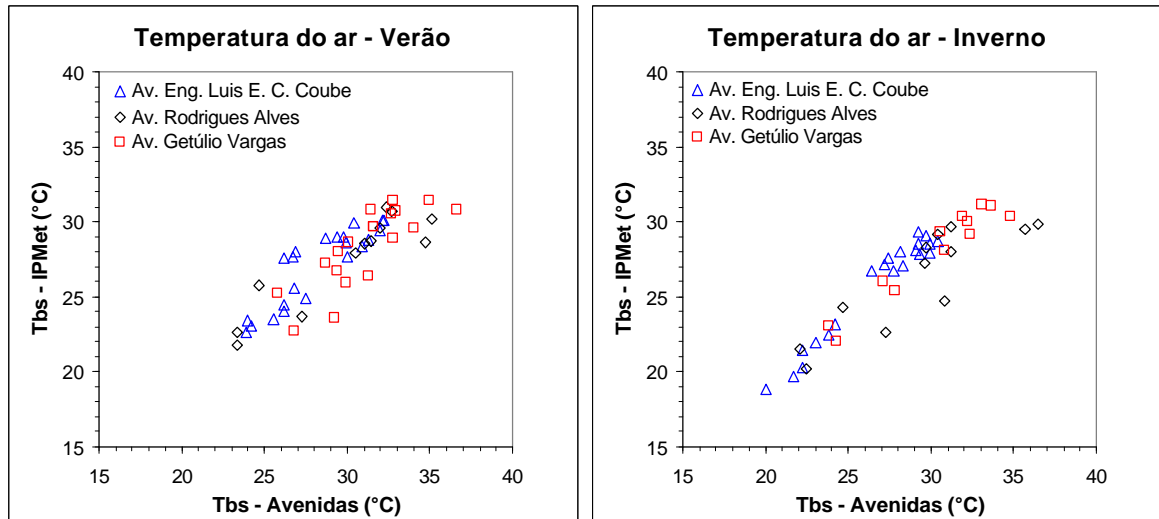
### 3. RESULTADOS

Conforme pode ser observado na Figura 3, houve grande similaridade na marcha das variáveis meteorológicas medidas no IPMet, em especial da temperatura do ar, nos dias de levantamento de campo. Nota-se também que no período vespertino os valores de temperaturas e umidade relativa do ar foram semelhantes no verão e no inverno; assim, a diferença na velocidade do ar foi a grande responsável pela alteração da sensação térmica nas duas estações, naquele período, à sombra. A baixa velocidade do ar no verão é a causa, na região, dos dias “abafados” no verão.

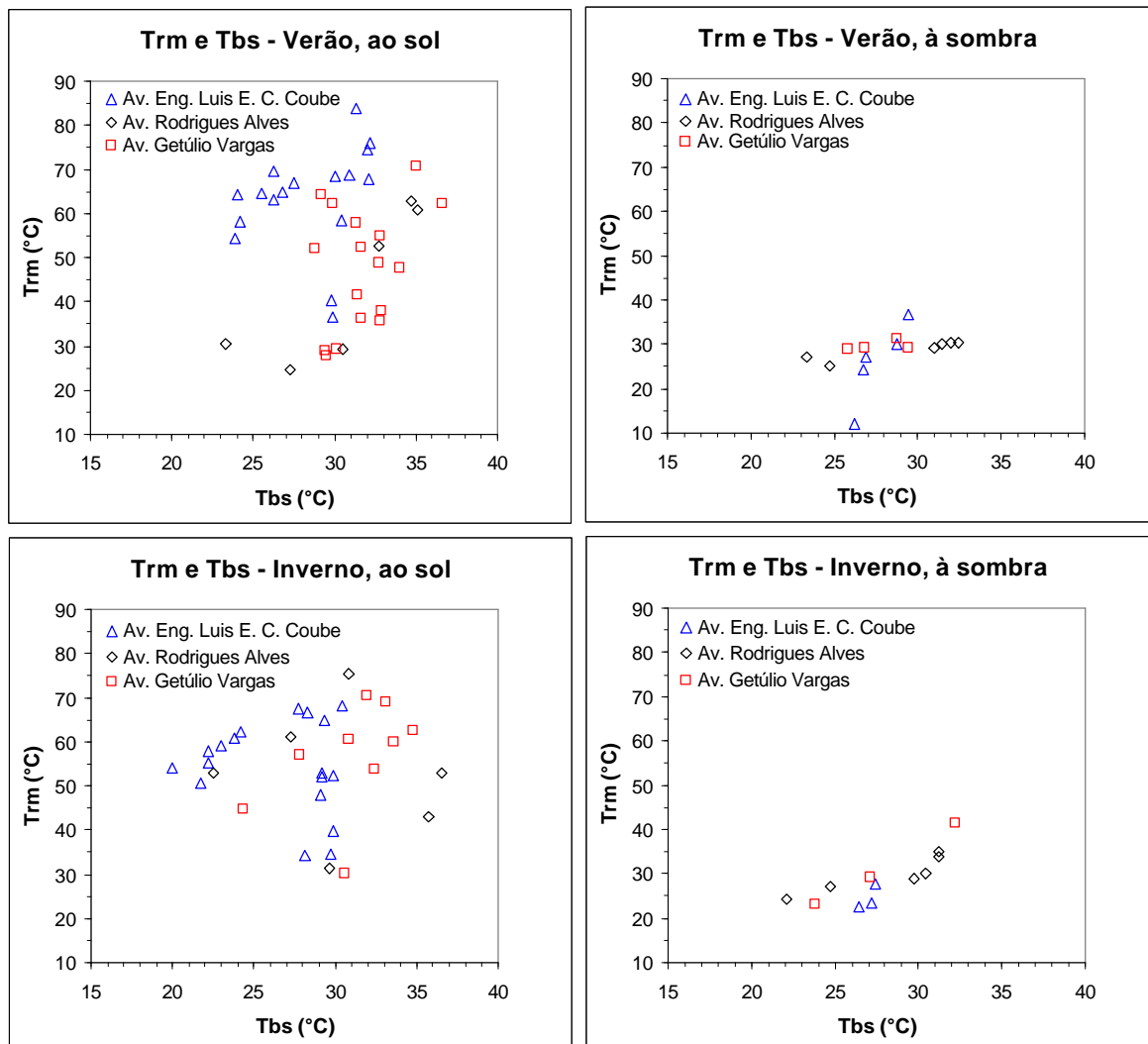


**Figura 3.** Variáveis meteorológicas registradas pelo IPMet nos dias de levantamento de campo.

As temperaturas medidas nas três avenidas ficaram de forma geral acima das registradas no IPMet (Figura 4), confirmando as maiores taxas de aquecimento da cidade em relação ao seu entorno, nesse caso com uma grande área coberta por vegetação arbórea nas proximidades da estação meteorológica. Observa-se, no inverno, que as temperaturas medidas nas avenidas Rodrigues Alves e Getúlio Vargas são maiores que as demais. Novamente, essa diferença pode ser atribuída à maior urbanização daquela região em relação às demais.



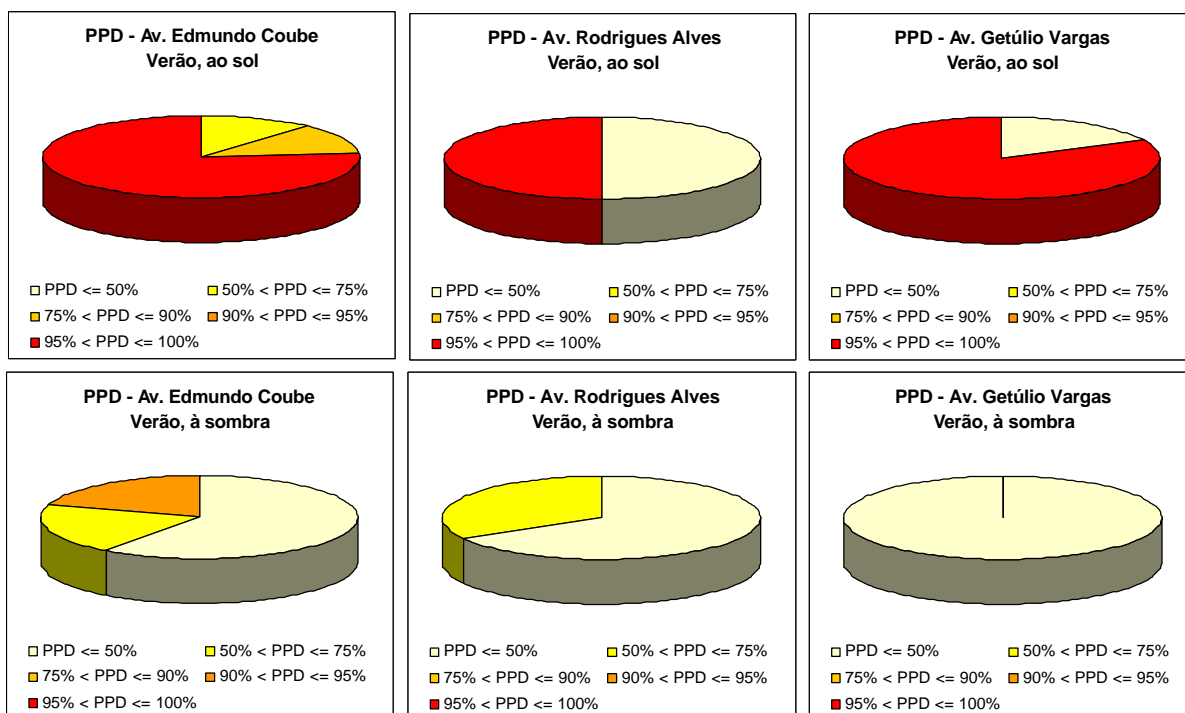
**Figura 4.** Temperaturas do ar medidas no IPMet e nas avenidas, nas situações de verão e inverno.



**Figura 5.** Temperatura radiante média (Trm) em função da temperatura do ar (Tbs) medida nas avenidas nas situações de verão e no inverno, ao sol e à sombra.

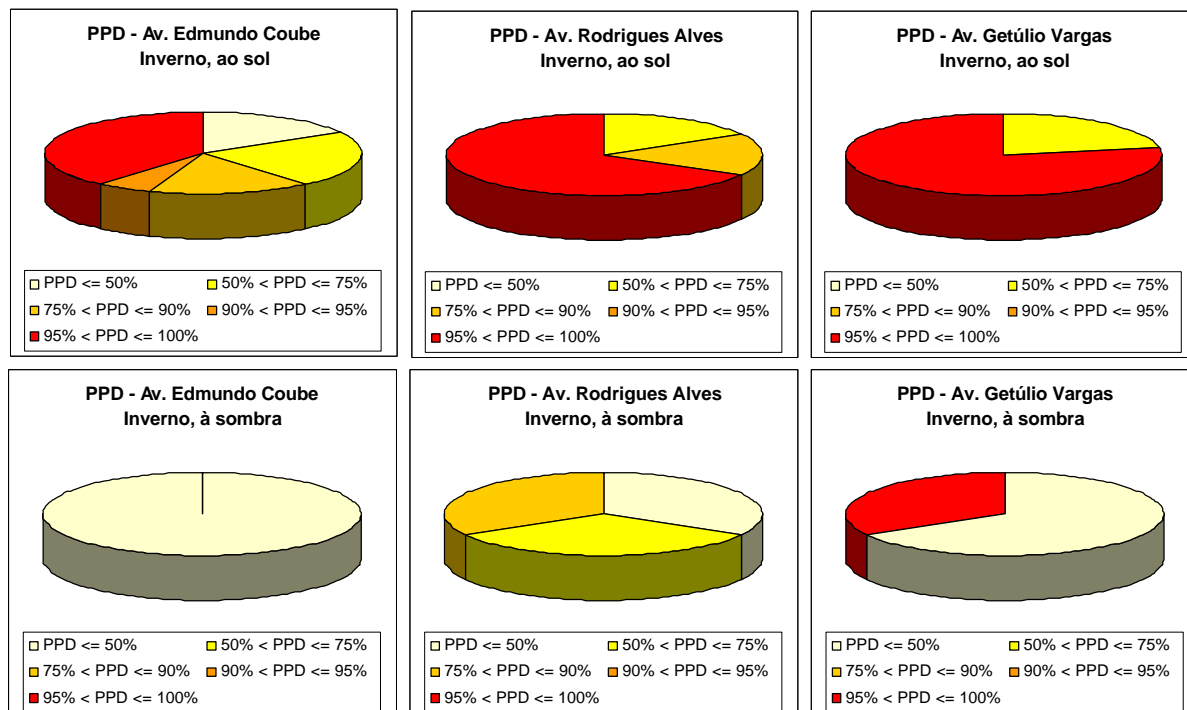
A temperatura radiante média, calculada a partir das temperaturas de bulbo seco e de globo e da velocidade do ar (Figura 5), apresenta uma grande dispersão para as medições realizadas ao sol, assim

como maiores valores, em comparação com as equivalentes para as medições realizadas à sombra. A explicação desse comportamento está por um lado na maior quantidade de radiação solar incidente, que resulta em maiores temperaturas de globo (e maiores Trms), mas também na variabilidade tanto dessa radiação, devido às mudanças de posição das nuvens do céu parcialmente nublado da região, como da velocidade do ar no meio urbano. Verifica-se também que as magnitudes da temperatura radiante média, assim sua relação com a temperatura de bulbo seco, são semelhantes no inverno e no verão nos pontos à sombra, com valores próximos aos da temperatura do ar.



**Figura 6.** Porcentagens médias estimadas de pessoas insatisfeitas nas avenidas para situação de verão, à sombra e ao sol.

As figuras 6 e 7 apresentam as porcentagens médias de pessoas insatisfeitas (PPD) em situações de verão e inverno, ao sol e à sombra, nas três avenidas. Essas proporções foram estimadas para as pessoas observadas próximas aos pontos de medição, tendo como parâmetros de cálculo, além das variáveis térmicas do ar, as vestimentas e as atividades físicas daquelas pessoas. Para cada horário de medição foram calculados os PPDs médios para o grupo de pessoas próximas ao ponto, consistindo na média dos PPDs calculados a partir dos dados de cada um dos integrantes do grupo. Verifica-se inicialmente que a quantidade de PPDs com valores elevados aumenta com a redução da relação H/L (altura média das construções em relação à largura da via), que decresce na seqüência Av. Rodrigues Alves – Av. Getúlio Vargas – Av. Eng. Luis E. C. Coube. Observa-se também que para as medições realizadas em pontos à sombra a PPD média fica em valores mais baixos, embora não tenha sido verificado nenhum valor individual abaixo dos 30%, devido às altas temperaturas do ar presentes. A frequência de PPDs acima de 95% à sombra também é uma consequência do tipo de morfologia da via: as construções da Av. Rodrigues Alves, de dois pavimentos ou mais, ficam lindeiras à calçada, projetando sombras generosas para os pedestres; na Av. Getúlio Vargas, de ocupação mais recente, as construções predominantes são de um pavimento, o que, aliado à orientação da via, tornam pequena a área de sombra para os pedestres, com grande influência da radiação térmica das superfícies próximas; na Av. Eng. Luis E. C. Coube, caso especial, o sombreamento ocorre somente bem no final da tarde, com projeção de longas sombras pela vegetação arbórea, num período onde a temperatura do ar é mais amena.



**Figura 7.** Porcentagens médias estimadas de pessoas insatisfeitas nas avenidas para situação de inverno, à sombra e ao sol.

#### 4. CONCLUSÕES

Corroborando os resultados de outros trabalhos realizados na cidade, esta pesquisa demonstrou mais uma vez a importância do sombreamento das áreas de pedestres nas vias públicas como um dos fatores de melhoria da qualidade do espaço. Devido às características térmicas da região, esse sombreamento se faz necessário tanto no verão como durante a maior parte dos dias de inverno.

Pelo uso atual, pouca coisa há a se fazer nesse sentido na Av. Rodrigues Alves: o espaço destinado a pedestres é atualmente pequeno, uma vez que a prioridade foi dada para escoar o grande fluxo de veículos, principalmente ônibus urbanos. As soluções, nesse caso podem ser adotadas pontualmente, por exemplo, melhorando as condições dos pontos de ônibus, cujas coberturas são pequenas e de concepção inadequada tanto para proteger de intempéries como para projetar sombra sobre seus usuários nos diversos horários.

A Av. Getúlio Vargas pode ser dividida em duas partes: de seção aproximadamente simétrica, com prédios predominantemente de um pavimento, muitos com recuo frontal, e de seção assimétrica, com a pista do aeroporto de um lado e construções similares à outra porção do outro lado. No primeiro caso, havia anteriormente vegetação arbórea na via, que foi progressivamente retirada a pedido dos comerciantes. A solução mais indicada parece ser simplesmente a recuperação dessa vegetação, uma vez que os prédios comerciais mais recentes contam em sua maioria com recuos frontais. Na segunda seção, é possível também arborizar a via, principalmente do lado do aeroporto, que conta com uma larga faixa entre a calçada e a cerca de divisa do aeroporto.

A Av. Luis Edmundo Carrijo Coube é a que permite uma maior liberdade na elaboração de propostas de ocupação, pelo estado em que se encontra atualmente. Como todos os terrenos de um de seus lados são institucionais, é bastante provável que seu perfil se assemelhe no futuro ao da Av. Getúlio Vargas. Existe uma proposta em estudo na administração municipal de deixar nesse lado uma faixa de 15 m para uso de pedestres. Dessa forma, resgatando os resultados dos levantamentos realizados nesse trabalho, os equipamentos a serem implantados nessa faixa deveriam proteger o pedestre da radiação solar direta ao longo de todo o trajeto. Árvores, pérgolas, pequenas construções com beirais e outros

equipamentos poderiam se alternar ao longo da via, criando para o pedestre não somente um percurso sombreado, mas com uma diversidade de ambientes pontuando o trajeto.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- ADOLPE, L. A simplified model of urban morphology: application to an analysis of the environmental performance of cities. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v. 28, pp. 183-200, 2001.
- ASSIS, E. S. & FROTA, A. B. Urban bioclimatic design strategies for a tropical city. *Atmospheric Environment*, v. 33, p. 4135-4142, 1999.
- AULICIEMS, A. & SZOKOLAY, S. V. *Thermal comfort*. Brisbane: PLEA International/ Department of Architecture, The University of Queensland, 1997.
- DEOSTHALI, V. Assessment of impact of urbanization on climate: an application of bio-climatic index. *Atmospheric Environment*, v. 33, p. 4125-4133, 1999.
- ELIASSON, I. The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and Urban Planning*, v. 48, p. 31-44, 2000.
- EVANS, J. M. & SCHILLER, S. Application of Microclimate studies in town planning: a new capital city, an existing, urban district and urban river front development. *Atmospheric Environment*, v. 30, nº 3, p 361-364, 1996.
- HOYANO, A. *et al.* Analysis of the influence of urban form and materials on sensible heat flux – a case study of Japan's largest housing development “Tama New Tow”. *Atmospheric Environment*, v. 33, p. 3931-3939, 1999.
- KATZSCHNER, L. Urban climate studies as tool for urban planning and architecture. IV ENCAC, 1997, Salvador, *Anais...* Salvador: FAUFBA/LACAM-ANTAC, p. 49-58, dez. 1997.
- MATZARAKIS, A. *et. al.* Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, nº 43, p. 76–84, 1999.
- MATZARAKIS, A. & MAYER, H. Atmospheric conditions and human thermal comfort in urban areas. 11th Seminar on Environmental Protection “Environment and Health”. 20.-23. November 2000, Thessaloniki, Greece. *Proceedings...*, p. 155-166.
- \_\_\_\_\_ Investigation on urban climate's thermal component in Freiburg, Germany. Second Urban Environment Symposium - 13th Conference on Biometeorology and Aerobiology, November 2-6 1998, Albuquerque, USA, American Meteorological Society. *Preprints...*, p. 140-143.
- MASCARÓ, L. R. O clima como parâmetro de desenho urbano. SEDUR – Seminário sobre Desenho Urbano no Brasil, 2, Brasília, 1986. *Anais...*, p. 79-89.
- NIKOLOPOULOU, M. *et. al.* Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. *Solar Energy*, v. 70, nº 3, p. 227–235, 2001
- PEREIRA, F. O. R. *et. al.* A methodology for sunlight urban planning: a computer-based solar and sky vault obstruction analysis. *Solar Energy*, v. 70, nº 3, p. 217–226, 2001
- SOLIGO, M. J. *et al.* A comprehensive assessment of pedestrian comfort including thermal effects. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, v. 77-78, p. 753-766, 1978

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, que financiou a realização da pesquisa através de uma bolsa de Iniciação Científica. Ao Instituto de Pesquisas Meteorológicas da UNESP – IPMet, pela cessão dos dados meteorológicos de referência.