

Sobre o uso e ocupação do solo urbano e a temperatura do ar

On the urban land use and occupation and the air temperature

João Roberto Gomes de Faria
José Fernando Gomes Mendes

Resumo

Este artigo apresenta uma metodologia que caracteriza a distribuição da temperatura do ar na camada intra-urbana, a partir de medições móveis, e a comparação dos dados obtidos com outros medidos fora da área urbana. A metodologia foi aplicada em duas cidades com morfologias distintas: Bauru (Brasil) e Braga (Portugal). A partir do confronto dos resultados é elaborada uma discussão quanto à influência de diversos parâmetros urbanísticos, em especial a vegetação e o fator de visão do céu, sobre a temperatura do ar na camada intra-urbana.

João Roberto Gomes de Faria
Departamento de Arquitetura,
Urbanismo e Paisagismo
Faculdade de Arquitetura, Artes e
Comunicação
Universidade Estadual Paulista
Rua Júlio de Mesquita Filho
Caixa Postal 473
CEP 17033-360- Bauru, SP
Brasil -
Tel.: (14) 3103 6059
E-mail: joaofari@faac.unesp.br

José Fernando Gomes Mendes
Departamento de Engenharia Civil
Escola de Engenharia
Universidade do Minho
Campus de Gualtar
Braga, Portugal
E-mail: jmendes@civil.uminho.pt

Palavras-chave: microclimas urbanos, camada intra-urbana, conforto térmico

Abstract

This paper presents a methodology for characterizing the distribution of the air temperature in the urban canopy layer, based on mobile measurements, and the comparison with measures outside the urban area. This methodology was applied in two different towns: Bauru (Brazil) and Braga (Portugal). Based on the comparison of results, the influence of several urban parameters, especially the green areas and the sky view factor on the urban air temperature of the canopy layer is discussed.

Recebido em 25/05/04
Aceito em 17/09/04

Keywords: urban microclimates, urban canopy layer, thermal comfort

Introdução

O interesse no conhecimento do clima urbano cresce cada vez mais entre os pesquisadores da área de conforto ambiental, o que pode ser constatado a partir de consultas a anais de encontros da área. No Brasil, foi criada a partir de 1997 uma sessão técnica específica para o tema nos Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído (ENCAC). Internacionalmente, deve-se ressaltar a *International Conference on Urban Climate* (2003), na qual constou uma série de sessões de interesse de arquitetos e planejadores urbanos, e os encontros da *Passive and Low Energy Architecture* (PLEA), nos quais os artigos sobre clima urbano estão diluídos entre as várias sessões segundo o enfoque específico do trabalho.

Todo esse interesse é plenamente justificável na medida em que as variáveis do clima urbano influenciam não somente os espaços urbanos abertos, como é óbvio, mas também interagem diretamente com as envoltórias das edificações urbanas. Além disso, sabe-se também do grande impacto que o ambiente urbano causa no clima local, conformando, por sua vez, microclimas intra-urbanos, o que já foi descrito por Landsberg (1981), Oke (1987) e Givoni (1989), citando-se apenas a bibliografia clássica.

Se, por um lado, há consenso quanto à importância dos microclimas intra-urbanos no planejamento dos diversos ambientes da cidade, por outro lado os métodos empregados em sua caracterização são diversos. De forma simplificada, eles podem ser divididos em dois tipos de abordagem: conceitual, a partir de modelos de balanço de energia, e paramétrica, a partir do estabelecimento de correlações entre a temperatura do ar e as condições de uso e ocupação do solo observadas em levantamentos.

Da primeira abordagem destacam-se os trabalhos produzidos desde a década de 1980 por Oke e seus colaboradores (OKE, 1981, 1988; VOOGT; OKE, 1997, 2003). São trabalhos com um profundo embasamento teórico, mas que, em geral, requerem grande quantidade de dados ou um instrumental bastante sofisticado. Pela complexidade envolvida, a abordagem é empregada apenas no estudo de partes da cidade, como em Assis (2000).

No outro grupo, os trabalhos procuram simplesmente caracterizar a distribuição dos microclimas da camada intra-urbana (representados normalmente pelos comportamentos da temperatura e da umidade do ar e, em alguns casos, também pela velocidade e pela direção dos ventos), em função de parâmetros de uso e ocupação do solo. As

indicações dos modelos conceituais são empregadas para validar os resultados alcançados, que podem ser qualitativos ou quantitativos. Essa abordagem permite o estudo tanto de trechos da cidade, conforme proposto por Katzschner (1997, 2001), como de toda a cidade, como retratado em Svensson e Eliasson (2002) e Svensson et al. (2003). No Brasil, essas abordagens relacionais têm sido empregadas na maioria das pesquisas¹, e recentemente Roriz e Barbugli (2003) estudaram o comportamento térmico da área urbana de Araraquara (SP) a partir de medições de variáveis térmicas em pontos ao longo da cidade e posterior estabelecimento de relações com informações sobre características superficiais.

Os artigos europeus e americanos citados acima, independentemente do tipo de abordagem, têm dado importância ao fator de visão do céu (FVC) (*sky view factor* – SVF) como um dos condicionantes principais na constituição de microclimas da camada intra-urbana. No entanto, em grande parte das cidades brasileiras (em especial nas de pequeno e médio portes), o FVC é, em geral, elevado e assim essa variável tem sua importância reduzida em detrimento, por exemplo, da proporção de vegetação presente na área, conforme os trabalhos de Roriz e Barbugli (2003) e Duarte e Serra (2003).

As variáveis meteorológicas são obtidas em ambas as abordagens: por meio de estações fixas ou de instrumentação móvel. No primeiro caso, como empregado em Svensson e Eliasson (2002), Svensson et al. (2003) e Roriz e Barbugli (2003), os instrumentos são instalados em locais representativos de áreas da cidade com características urbanísticas distintas.

Já com as medições móveis, procura-se levantar dados em pontos da cidade localizados em áreas com diferentes configurações, como em Lombardo (1985) e Pinho e Manso Orgaz (2000). Como feito por esses autores, em trabalhos que abrangem grandes áreas, em geral, são levantados dados somente de temperatura e de umidade do ar, tanto para reduzir o tempo de medição como porque dados instantâneos de ventos não têm significado nesses estudos. Katzschner (1997) armazena dados no interior de uma determinada área de estudo com uma estação climatológica portátil móvel e obtém uma caracterização referente ao comportamento médio dela. Seja no modelo de balanço energético, seja no paramétrico, o emprego de sistemas de informação geográfica (SIGs), tanto na caracterização de áreas de estudo como de análise espacial de resultados, vem sendo crescente, a

¹ Ver anais dos ENCACs a partir de 1997.

exemplo do trabalho de Svensson et al. (2003). Assim, Souza et al. (2003) desenvolveram um aplicativo para cálculo do FVC a partir de bases cartográficas digitais em SIG, o 3DSkyView, que reduz consideravelmente a quantidade de levantamentos em campo.

Geralmente, a escolha do método de levantamento de dados está condicionada à disponibilidade de instrumentos e de tempo de execução e ao tipo de análise pretendida a partir dos dados de entrada. O presente trabalho desenvolve uma metodologia que possibilita minimizar o emprego de instrumentos e o tempo envolvidos nos levantamentos de dados para a geração de modelos paramétricos, para que não sejam necessárias simplificações e generalizações que possam comprometer a modelagem. São também verificadas as influências do FVC e da vegetação sobre o comportamento dos dados levantados.

Método de pesquisa

O método aqui descrito foi desenvolvido a partir de dados de temperatura do ar levantados na cidade de Bauru (SP) em junho de 2002. Verificou-se que as temperaturas do ar medidas em cada um dos pontos ao longo dos dias apresentam fortes correlações com os mesmos dados medidos no mesmo horário em outros pontos. Assim, se os dados de todos os pontos forem relacionados aos dados de um único ponto de referência, é possível estimar as temperaturas do ar do conjunto em horários comuns a partir da análise de regressão. As equações obtidas são lineares e, quando seus coeficientes angulares e de interceptação são analisados em conjunto, é possível associar faixas de valores a indicadores urbanísticos, como a presença de vegetação na área. Levantamentos posteriores, realizados em abril e junho de 2003, confirmaram que as relações obtidas independem do tempo, o que possibilita a realização de um levantamento completo em vários dias.

Posteriormente, o método foi aplicado na cidade de Braga, Portugal, em outubro de 2003, para fins de estudos sobre os microclimas da cidade e verificação da validade do procedimento em latitudes médias.

Em ambas as cidades, os dados de temperatura do ar foram divididos inicialmente por período de medição: manhã (período de aquecimento) e tarde/noite (período de resfriamento). Para cada período foram elaborados gráficos de temperatura do ar local em função da temperatura do ar no ponto de referência, dos quais foram obtidas retas de regressão. Posteriormente, verificou-se a associação entre coeficientes angulares semelhantes e vários padrões de ocupação do solo urbano. Finalmente,

foi estudada a relação entre aqueles coeficientes e os FVC com o apoio do software 3DSkyView (SOUZA et al., 2003).

Para os levantamentos móveis foram empregados termômetros digitais com sensores de par termoeletrico do tipo K, de baixa inércia. Os sensores foram montados no interior de tubos de PVC ventilados mecanicamente para a proteção contra a radiação solar e a padronização das condições de ventilação (Figura 1a). Cada conjunto foi instalado na lateral de um veículo (Figura 1b), com o qual se fizeram percursos pela cidade, parando-se nos pontos determinados para tomar as leituras de temperatura do ar. Tanto no Brasil como em Portugal empregaram-se dados de referência de estações meteorológicas automáticas situadas fora da área urbana², com amostragem de dados em intervalos de 5 minutos. Nos dias das campanhas de medição, as condições do tempo eram estáveis, com céu parcialmente encoberto, conforme dados de serviços de meteorologia locais.

Empregou-se o sistema de informação geográfica Spring³ como ferramenta principal de elaboração e análise de bases cartográficas e de espacialização de resultados. Para Bauru, foi empregada uma imagem do satélite LANDSAT 7 ETM+, de 18 de abril de 2002, para a identificação da presença de vegetação e qual o seu porte, enquanto em Braga foram empregadas bases cadastrais digitalizadas de 1997 a 2003 da Câmara Municipal, com a mesma finalidade.

Resultados

Bauru e Braga

Bauru situa-se no interior do Estado de São Paulo. Localiza-se, mais precisamente, entre as latitudes 22°16'S e 22°24'S, com altitude média de 550 m de altitude, e a 340 km da costa. Seu clima é Cwa, segundo a classificação de Köppen. Sua população era de aproximadamente 320 mil habitantes, segundo dados do censo de 2000. O relevo do sítio sobre o qual se assenta a cidade é pouco movimentado e a área urbana apresenta um perfil baixo, com verticalização esparsa. A partir das imagens do satélite e de observações em campo, foi possível estabelecer uma classificação quanto ao uso e à ocupação do solo com sete categorias:

² Em Bauru, foram utilizados os dados da estação automática do Instituto de Pesquisas Meteorológicas da UNESP (IPMet), e, em Braga, os dados da estação meteorológica automática do Instituto de Meteorologia de Portugal.

³ Desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e distribuído gratuitamente através da web em: www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html.

(a) área central: arranjo de malha ortogonal com quadras de 100 m² x 100 m². Apresenta a maior ocupação do lote da cidade, com área impermeabilizada correspondente praticamente ao seu total. Nas vias, a vegetação é bastante esparsa, às vezes inexistente. Ocorre verticalização, com prédios isolados de até 30 metros de altura;

(b) bairros antigos: primeiros bairros da cidade, apresentam o mesmo traçado do centro, com praticamente todos os lotes ocupados. As edificações, predominantemente residências unifamiliares de um pavimento, apresentam fachadas contíguas, mas não ocupam todo o lote. É comum a existência de quintais com vegetação. Boa parte das ruas é arborizada, em especial as menos movimentadas;

(c) bairros centrais: criados a partir da década de 1950, guardam grande semelhança morfológica com os bairros antigos: a forma e a dimensão das quadras são as mesmas, assim como a volumetria das edificações. A diferença fica pela ocupação mais intensa dos lotes, com mais área construída e, conseqüentemente, menos presença da vegetação, que permanece apenas nas ruas;

(d) conjuntos habitacionais: tiveram início a partir da década de 1970 e são caracterizados por uma ocupação intensiva dos lotes. Ao contrário do centro e dos bairros antigos, nos conjuntos a quadra determina lotes pequenos, da ordem de 10 m² x 15 m². As edificações, predominantemente residências unifamiliares, às vezes alteradas para uso comercial, são expandidas até as divisas do lote. Nesse caso, não há quintal arborizado; no entanto, as ruas são, em geral, arborizadas;

(e) fundos de vale: correspondem à região ao longo do rio Bauru. Trata-se de um vale bastante aberto, com encostas suaves. Em cada margem do rio corre uma avenida, cuja ocupação fronteira é composta principalmente de comércio de pequeno porte, praças e áreas vazias, mantendo, assim, a amplitude daquela área. A vegetação é pouco presente ou inexistente; e

(f) áreas verdes: áreas dentro da malha urbana compostas de bosques propriamente ditos ou de praças com massa arbórea significativa.

A cidade de Braga é a capital do *Concelho de Braga* e do *Distrito de Braga*. Situa-se ao norte de Portugal, a 41°32' N de latitude e 8°25' W de

longitude, com altitude média de 215 m, e a 30 km da costa. Pela classificação de Köppen, seu clima é do tipo Csa. Conta com aproximadamente 115 mil habitantes⁴. Seu relevo é predominantemente plano, composto da planície do Rio D'Este, e as edificações são limitadas a sete pavimentos, exceto numa pequena porção mais baixa da cidade, onde chegam a nove pavimentos. Morfologicamente, a área urbana pode ser dividida em duas grandes categorias:

(a) centro histórico: área de preservação e restauro de patrimônio arquitetônico, apresenta urbanização composta predominantemente de edificações de dois a quatro pavimentos, construídas lado a lado, ao longo de vias estreitas totalmente pavimentadas. Em função dessa tipologia, não raro formam-se grandes vazios nos interiores das quadras maiores, que geralmente são ajardinados com arborização. No entanto, há predomínio absoluto de superfícies edificadas ou pavimentadas;

(b) bairros: de urbanização recente (a partir da década de 1990), são compostos de conjuntos compactos de prédios com grandes extensões lineares, mas com altura limitada normalmente a sete pavimentos. Esses conjuntos de prédios são intercalados por praças com predomínio de superfícies gramadas.

Casas térreas aparecem em pequeno número no perímetro urbano. São remanescentes de propriedades rurais ou de bairros mais antigos e, a menos que apresentem interesse histórico, são paulatinamente substituídas por conjuntos de prédios. Bairros novos com lotes de casas de dois pavimentos aparecem de forma esparsa fora do que a Prefeitura Municipal considera Área da Cidade.

Exceto pelo centro histórico, o restante das superfícies da cidade é recoberto por algum tipo de vegetação rasteira, cultivada ou não. Como atualmente Braga é uma cidade que incentiva o turismo, suas praças são irrigadas permanentemente. Além disso, a alta pluviosidade da região no período que se estende do outono até a primavera concorre para recobrir de vegetação as áreas não ocupadas. Finalmente, as áreas de urbanização mais recentes são entrecortadas por pequenas propriedades outrora rurais, sempre com alguma cultura de ciclo anual ou videiras.

⁴ Dados da Câmara Municipal de Braga, disponíveis em www.cm-braga.com.pt/turismo/cidade/situacao_geografica/situacao_geografica.asp. Acesso em: setembro de 2003.



(a) Detalhe do tubo da proteção do termopar: em primeiro plano a ventoinha; por baixo, as entradas dos cabos de alimentação da ventoinha e do termopar



(b) Instalação do suporte do sensor no veículo

Figura 1 - Instrumentação empregada nas medições móveis

Levantamentos preliminares e desenvolvimento do método

Inicialmente foi realizado um levantamento piloto em Bauru, em julho de 2002, para se verificar o grau de homogeneidade térmica de algumas das áreas classificadas segundo padrões de uso e ocupação. Foram colocados *dataloggers* com termopares (HOBO H8, da Onset Comp⁵) em pontos representativos das condições urbanísticas de três bairros durante um dia, período em que foram realizadas medições móveis, para o registro das temperaturas do ar em diversos pontos de cada bairro. Eles foram instalados sobre calços de madeira apoiados em lajes de cabinas de controle de postos de combustível (a aproximadamente 2,5 m do solo), ficando ao abrigo da radiação solar pela cobertura do pátio de abastecimento e dos ventos pela platibanda da cabina. Os resultados, apresentados na Figura 2, mostram que os pontos fixos escolhidos são representativos de suas respectivas áreas, pela semelhança entre os dados medidos pelos termômetros fixos e móveis. A discrepância dos dados no início da manhã ocorreu em pontos onde o padrão de uso e a ocupação do solo diferem significativamente do restante das respectivas áreas. Portanto, nas análises subsequentes os dados desses pontos foram descartados.

Em 2003 foram realizadas mais duas campanhas de medição móvel de temperatura do ar em Bauru, nos dias 14 de abril (49 pontos) e 29 de junho (11 pontos). Cada um dos levantamentos abrangeu

áreas diferentes, porém foram adotados alguns pontos de controle. Nesses pontos, localizados fora das áreas dos levantamentos, realizaram-se medições em todas as campanhas. Com os dados obtidos nessas campanhas, compararam-se primeiramente as temperaturas medidas nos pontos de controle em relação às temperaturas registradas no Instituto de Pesquisas Meteorológicas da UNESP (IPMet). Como mostra a Figura 3, os coeficientes angulares das retas de regressão são bastante semelhantes para os diversos dias de levantamentos, e as correlações são sempre elevadas. Isso demonstra que esses coeficientes podem ser determinados a partir de levantamentos em dias diversos, desde que observadas condições meteorológicas semelhantes. Por outro lado, os coeficientes de interceptação refletem a temperatura média diária. Assim, levantamentos realizados em épocas distintas numa determinada área terão como resultados retas paralelas, como mostrado na Figura 3.

Relações entre as temperaturas do ar

Em Braga foram realizadas duas campanhas de levantamentos de temperatura do ar, nos dias 8 e 9 de outubro de 2003. O primeiro transecto compreendeu 16 pontos localizados, em sua maioria, no centro histórico. O segundo foi realizado no dia seguinte e, embora tenha compreendido somente 8 pontos, abrangeu uma área mais extensa da cidade, formada por bairros de implantação recente.

⁵ www.onsetcomp.com

Os coeficientes angulares e de interceptação das retas de regressão de aquecimento e de resfriamento dos pontos levantados nas duas cidades foram comparados aos das estações de referência. Pela Figura 4, observa-se que é possível linearizar também essa relação. Verifica-se também nessa figura que os valores dos coeficientes angulares são baixos para valores de coeficientes de interceptação altos e vice-versa. Isso equivale a dizer que áreas inicialmente mais quentes tendem a se aquecer mais lentamente e

vice-versa, ou simplesmente comprova-se que áreas com maior inércia térmica sofrem menores variações de temperatura diariamente e vice-versa.

A Figura 4 expõe também as diferenças climáticas das duas cidades: Bauru apresenta uma amplitude térmica diária maior que Braga, mostrada nos gráficos pelos maiores valores dos coeficientes angulares da primeira cidade, que determinam maiores taxas relativas de aquecimento ou resfriamento.

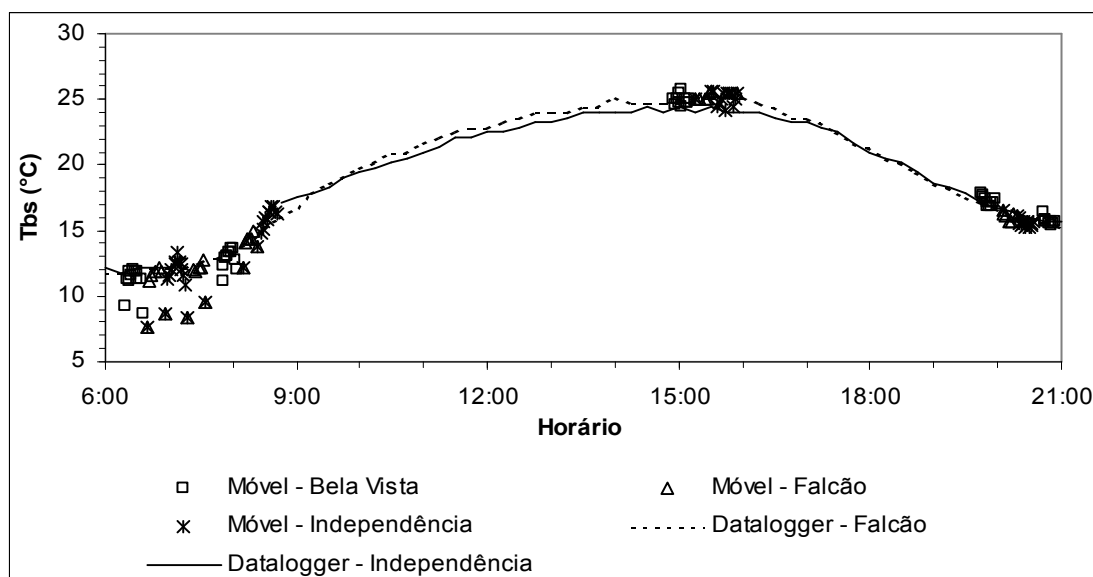
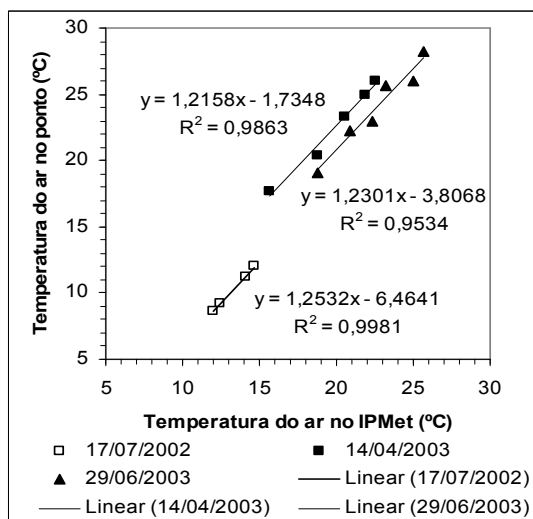
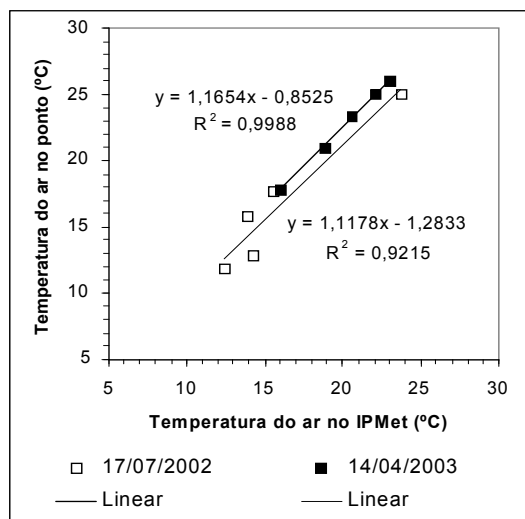


Figura 2 - Temperaturas do ar registradas no levantamento do dia 17 de julho de 2002 nos bairros Bela Vista, Independência e Vila Falcão



(a) Praça Cyrênio Ferraz de Aguiar



(b) Esquina das ruas Alto Acre e 1º de Maio

Figura 3 - Comparação de dados obtidos em levantamentos distintos em dois pontos de controle durante períodos de aquecimento

Temperatura do ar e características superficiais

Os coeficientes angulares das retas de regressão das temperaturas locais de ar em função dos valores das estações de referência foram relacionados às formas de uso e ocupação do solo das respectivas cidades. Em função das diferentes bases de dados disponíveis foram elaborados gráficos de análise distintos. Assim, no caso de Bauru usaram-se as classes descritas no item “Bauru e Braga”, e no de Braga empregou-se a proporção de área construída. Os resultados são mostrados na Figura 5. Verifica-se em ambas as cidades fraca tendência dos valores dos coeficientes decrescerem com o aumento da vegetação presente (ou redução da área edificada), mostrando que, como era de se esperar, as taxas relativas de aquecimento e de resfriamento do ar são menores quando a área apresenta cobertura vegetal significativa.

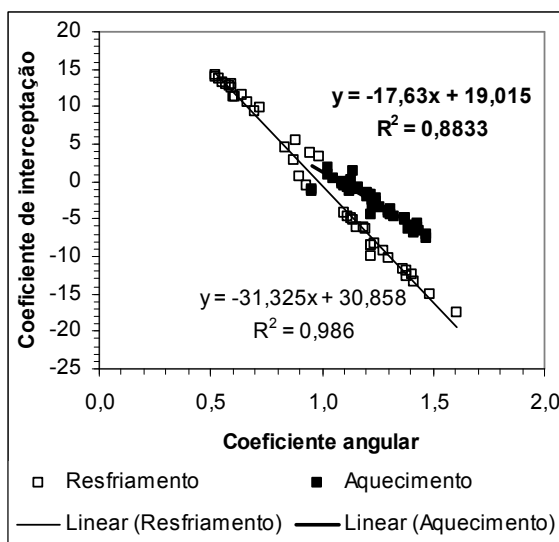
Temperatura do ar e FVC

Assim como ocorreu no item anterior, procedeu-se à comparação dos coeficientes angulares das retas de regressão com os FVC observados em pontos das duas cidades. Em Bauru foram empregados apenas alguns pontos, uma vez que cada entorno

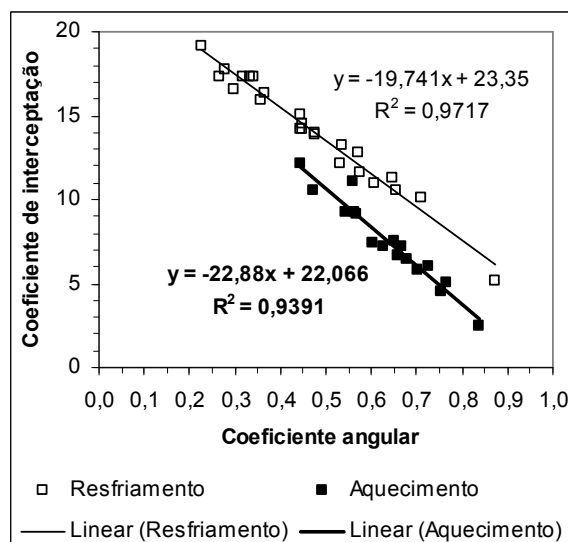
teve de ser digitalizado; já em Braga, onde se tinha a base digitalizada da cidade, foi possível calcular o FVC para todos os pontos do trabalho. Os resultados estão apresentados na Figura 6.

As melhores correlações, embora baixas, ocorreram na área central de Bauru. Nessa área, a maior presença de edifícios e a ausência quase total de cobertura vegetal fazem com que as trocas de calor determinantes sejam secas, aumentando a dependência da temperatura com a geometria local. Em áreas dessa mesma cidade com cobertura vegetal significativa, a influência das trocas de calor latente reduz a correlação da temperatura do ar em relação à geometria. A correlação no período de resfriamento é maior pelo mesmo motivo: à tarde o efeito das trocas térmicas por calor latente é mais reduzido do que no período da manhã.

Em Braga, a esperada correlação da temperatura do ar com o FVC no centro histórico não ocorre, já que as ruas são excessivamente estreitas em relação ao gabarito das edificações, a temperatura do ar na altura do pedestre passa a depender da exposição do local ao sol. Assim, dependendo da orientação da via, locais com características geométricas – e, portanto, FVCs – semelhantes podem apresentar temperaturas do ar bastante distintas, caso recebam ou não radiação solar direta.

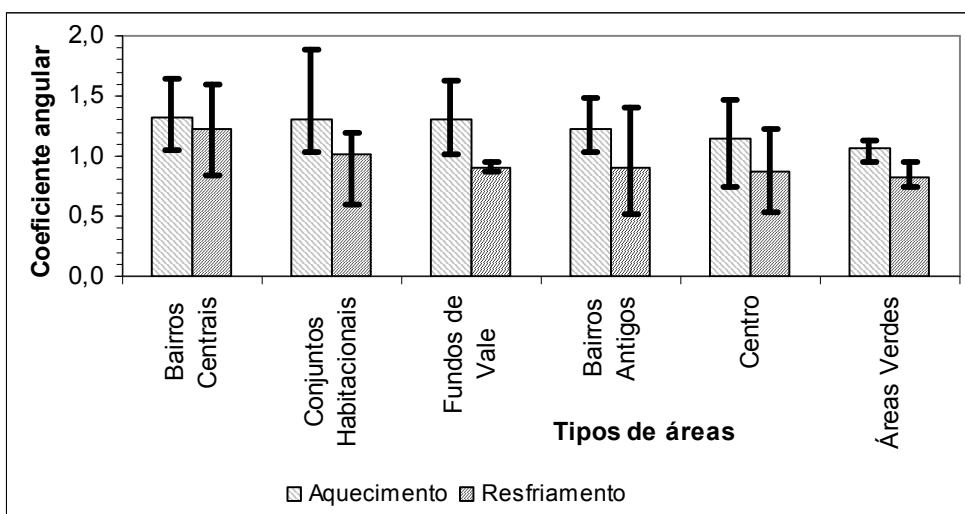


(a) Bauru

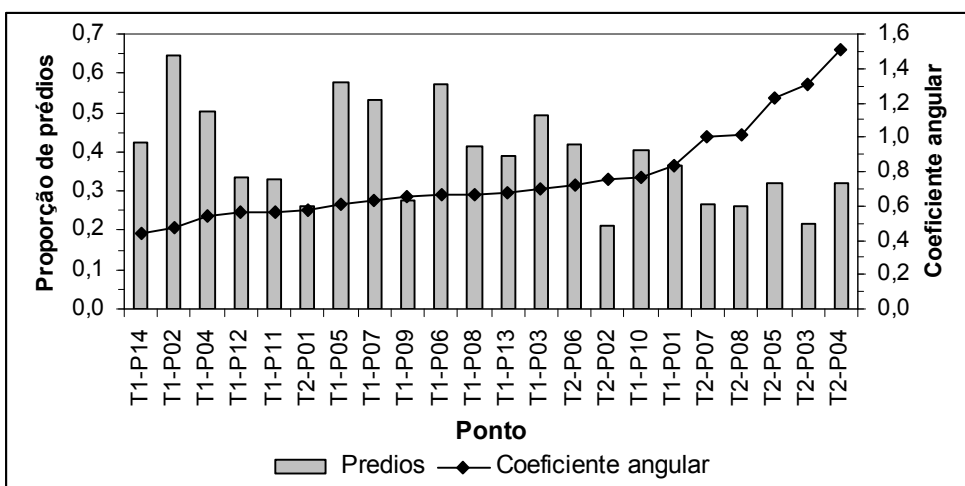


(b) Braga

Figura 4 - Relação entre os coeficientes angulares e de interceptação das retas de regressão de aquecimento e resfriamento relativos

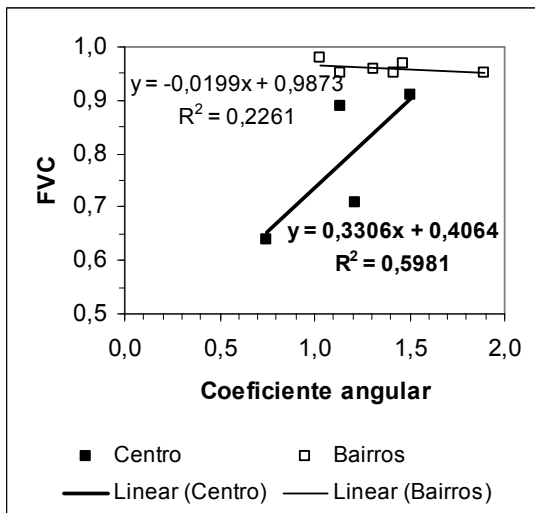


(a) Bauru - médias e extremos

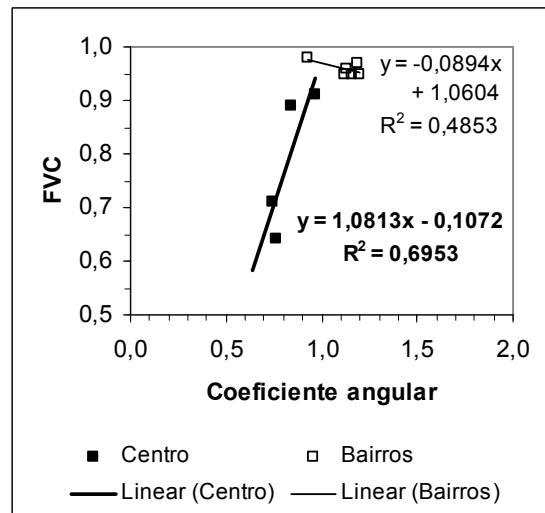


(b) Braga

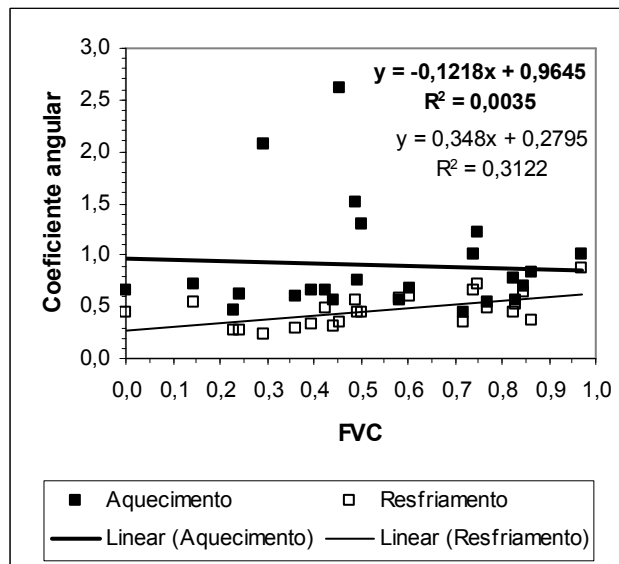
Figura 5 - Relação entre o coeficiente angular das curvas de regressão de aquecimento e resfriamento relativos e as características superficiais



(a) Bauru - período de aquecimento



(b) Bauru - período de resfriamento



(c) Braga

Figura 6 - Relação entre os coeficientes angulares e o FVC

Conclusões

Conclui-se que o levantamento de dados de temperatura do ar para a caracterização do comportamento térmico de diferentes áreas urbanas pode ser realizado por medições móveis. O trabalho mostrou que esse procedimento pode ser realizado, inclusive, em épocas distintas, desde que respeitada a semelhança das condições de tempo, o qual necessariamente deve estar estável. Para a comparação das características térmicas, pode ser usado o coeficiente angular de retas de regressão dos dados de temperatura do ar local em

função das temperaturas do ar registradas em uma estação fixa, fora da área urbana.

Evidentemente, o método apresenta limitações intrínsecas. A principal delas é não se ter uma tabela de dados síncronos, o que exige que se façam interpolações entre as medidas, de forma a possibilitar a realização de comparações. No presente trabalho, realizaram-se comparações em períodos em que é possível linearizar o comportamento dos dados, ou seja, no meio da manhã e no final da tarde/início da noite.

Por outro lado, o método apresenta uma série de vantagens. As principais são a rapidez na obtenção

dos dados e a simplicidade da instrumentação exigida.

Os resultados obtidos para as cidades estudadas confirmam os relatos encontrados na bibliografia: a distribuição da vegetação exerce um papel fundamental na variação das características térmicas do clima intra-urbano. Assim, em Bauru, as áreas mais densamente construídas, como alguns bairros residenciais e conjuntos habitacionais, apresentam maiores taxas de aquecimento e de resfriamento, em contraposição a áreas com proporção expressiva de vegetação, como bosques e praças. Por outro lado, nas regiões centrais de ambas as cidades, com pequena proporção de vegetação e presença de verticalização, o comportamento térmico da camada intra-urbana passa a ter correlação com a geometria das vias, traduzida pelo fator de visão do céu: as taxas de variação relativa de temperatura do ar são diretamente proporcionais a ele, mesmo com fraca correlação.

Referências

- ASSIS, E. S. **Impactos da forma urbana na mudança climática**: método para a previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano. 2000. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- DUARTE, D. H. S.; SERRA, G. G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 7-20, abr./jun. 2003. Disponível em: <<http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/>>. Acesso em: 15 maio 2004.
- GIVONI, B. **Urban design in different climates**. WMO/TD, n. 10. Geneva: World Meteorological Organization, 1989. (WCAP-10).
- INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 5., 2003. Lodz. **Proceedings...** Lodz: Department of Meteorology and Climatology, Faculty of Geographical Sciences, University of Lodz, 2003. Disponível em: <<http://www.geo.uni.lodz.pl/~icuc5/>>. Acesso em: 15 maio 2004.
- KATZSCHNER, L. Urban climate studies as tool for urban planning and architecture. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: FAUFBA/LACAM, ANTAC, 1997. p. 49-58.
- _____. Thermal comfort conditions in city-outdoor spaces. In: ENCONTRO NACIONAL, 6., e ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 2001. São Pedro. **Anais...** São Pedro, Campinas: USP, UNICAMP, UNESP, ANTAC, 2001. 1 CD-ROM.
- LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York: Academic Press, 1981. 275 p. (International Geophysics Series, 28).
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.
- OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, London, v. 1, p. 237-254, 1981.
- _____. **Boundary layer climates**. 2. ed. London: Routledge, 1987.
- _____. Street design and urban canopy layer climates. **Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 11, p. 103-113, 1988.
- PINHO, O. S.; MANSO ORGAZ, M. D. The urban heat island in a small city in coastal Portugal. **International Journal of Biometeorology**, Heidelberg, v. 44, n. 4, p. 198-203, 2000.
- RORIZ, M.; BARBUGLI, R. A. Mapeamento e análise de microclimas urbanos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., e CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: PUCPR, Unicamp, UFSC, UFSCar, Cefet-PR, LUZ, ANTAC, 2003. 1 CD-ROM.
- SOUZA, L. C. L.; RODRIGUES, D. S.; MENDES, J. F. G. A 3D-GIS extension for sky view factors assessment in urban environment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN URBAN PLANNING AND URBAN MANAGEMENT, 8., 2003, Sendai. **Proceedings...** Sendai: CNEAS, City of Sendai, 2003. 1 CD-ROM.
- SVENSSON, M. K.; ELIASSON, E. Diurnal air temperatures in built-up areas in relation to urban planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 61, n. 1, p. 37-54, 2002.

SVENSSON, M. K.; THORSSON, S.;
LINDQVIST, S. A geographical information
system model for creating bioclimatic maps:
examples from a high, mid-latitude city.

International Journal of Biometeorology,
Heilderberg, v. 47, n. 2, p. 102-112, 2003.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Complete urban
surface temperatures. **Journal of Applied
Meteorology**, Boston, v. 36, p. 1117-1131, 1997.

_____. Thermal remote sensing of urban climates.
Remote Sensing of Environment, Amsterdam, v.
86, n. 3, p. 370-384, 2003.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), que financiou o trabalho através do Programa de Auxílio à Pesquisa. Ao Instituto de Pesquisas Meteorológicas da UNESP (IPMet), pelo fornecimento dos dados da estação meteorológica automática de Bauru. À Capes, que financiou o estágio pós-doutoral na Universidade do Minho. Ao Instituto de Meteorologia, na pessoa do Sr. Luis Felipe Nunes, pela cessão dos dados da estação meteorológica de Braga. À Prof.^a Dra. Lea Cristina Lucas de Souza, colaboradora no levantamento do FVC.