

ESTUDOS INTERDISCIPLINARES E METODOLOGIAS E TÉCNICAS DE ANÁLISE DO CLIMA URBANO

Magda Adelaide Lombardo*

Resumo

Nas últimas duas décadas tem aumentado o interesse por estudos de clima urbano, notadamente nos países industrializados. A qualidade ambiental nas cidades vem merecendo um destaque especial dos ambientalistas e urbanistas e está diretamente relacionada ao processo de urbanização acelerada.

Nos países em desenvolvimento, principalmente aqueles situados na faixa inter-tropical, como é o caso do Brasil, o processo de urbanização ocorreu sem privilegiar a qualidade ambiental. Daí a necessidade de desenvolver pesquisas como aquelas ligadas ao Clima Urbano que poderão auxiliar no planejamento das áreas urbanas-metropolitanas. Este trabalho mostra as últimas tendências de estudos interdisciplinares e metodologias e técnicas de análise do Clima Urbano.

Introdução

A cidade atua como fator modificador do clima regional e cria condições especiais concretas que pode-se definir como clima urbano. A atividade humana gerida no contexto da cidade, como a intensidade de veículos, a concentração industrial, o adensamento de edificações, processo de verticalização, e o asfalto de ruas e avenidas, a diminuição de áreas verdes, criam condições específicas de padrões de uso do solo urbano. Estas características influem diretamente na composição química da atmosfera, como também no balanço térmico e hídrico. O clima urbano, portanto, concretiza-se considerando-se a comparação da cidade com seu entorno próximo e como também pelas diferenças objetivas das feições identificáveis no contexto da cidade; tanto pelas características topográficas do sítio quanto pelas diferenças produzidas pela estrutura urbana.

Característica do Clima Urbano

O crescimento e adensamento da malha urbana, intensifica transformações e comportamento climatológico e meteorológico da camada limite atmosférica. Tais mudanças resultam no que se convencionou chamar Clima Urbano, como observa Chandier (1976, pg. 3, grifo nosso): *"Com a substituição das superfícies e formas naturais pelas unidades 'artificiais' urbanas, o ser humano vem modificando as propriedades físicas e químicas e os processos aerodinâmicos, térmicos, hidrológicos e*

* Professor Adjunto

Depto. de Cartografia e Análise da Informação Geográfica - IGCE - UNESP - Caixa Postal 178 - 13506-900 - Rio Claro - SP

de intercâmbio de massa que ocorre na camada limite atmosférica. Em consequência, as propriedades meteorológicas do ar dentro e imediatamente acima das áreas urbanas ficam profundamente modificadas criando um distinto tipo climático, o clima urbano".

Partindo da análise meteorológica e da síntese de Landsberg (citado por Monteiro, 1976), bem como dos estudos comparativos de Lowry, Landsberg, Oke e tantos outros entre o meio urbano e o rural à sua volta, pôde-se caracterizar os principais aspectos do Clima Urbano:

- a) o Clima Urbano é uma modificação substancial de um clima local, não sendo possível ainda decidir sobre o ponto de concentração populacional ou densidade de edificações em que esta notável mudança principia;
- b) admite-se que o desenvolvimento urbano tende a acentuar ou eliminar as diferenças causadas pela posição do sítio;
- c) da comparação entre a cidade e o campo circundante emergiram os seguintes fatos fundamentais:

1 - a cidade modifica o clima através de alterações em superfície. Ela tem formas mais complexas, apresentando grandes superfícies horizontais e verticais, que respondem diferentemente, tanto à radiação solar quanto ao regime de ventos;

2 - a cidade tem muitas fontes adicionais de calor, resultantes das atividades antropogênicas. Além disso, dos distintos materiais que compõem suas variadas superfícies, quase todos têm boa condutividade térmica e capacidade calorífica, provocando o aquecimento dos ambientes para onde flui o calor;

3 - o aumento na produção local de calor é complementado por modificações na ventilação, na umidade e até nas precipitações, que tendem a ser mais acentuadas. Através dos sistemas de escoamento e da impermeabilidade do solo, a água é rapidamente removida, reduzindo o efeito de resfriamento do ar urbano através da evaporação. Por outro lado, a concentração de material particulado no ar altera a incidência da energia radiante do sol, bem como propicia o surgimento de nuvens e facilita a formação de núcleos de condensação;

4 - a maior influência manifesta-se através da alteração da própria composição da atmosfera, atingindo condições adversas na maioria dos casos.

Lombardo (1985), analisando a cidade de São Paulo, comprovou a existência de uma alta correlação entre os tipos de uso do solo urbano e a variação das temperaturas superficiais. Assim, as altas temperaturas são verificadas em áreas com crescimento vertical intenso, densidade demográfica acima de trezentos habitantes por hectare e pouca quantidade de vegetação, principalmente nos setores industriais e residenciais.

Em contrapartida, nas regiões com maior concentração de espaços livres, com vegetação ou nas proximidades de reservatórios d'água, temperaturas sofrem

declínios acentuados. Isso pode ser explicado tendo em vista que a maior quantidade de vegetação implica em mudança do balanço de energia, já que as plantas, através do processo de fotossíntese e transpiração, absorvem a radiação solar. Do mesmo modo, as massas d'água interferem no balanço de energia, em função de sua alta capacidade calorífica, bem como do consumo de calor latente pela evaporação.

A variação da inclinação das vertentes da relevo de um determinado local desempenha, associada à variação altimétrica e orientação do mesmo, importante papel na distribuição da energia calorífica - luminosa das mesmas. O fluxo radiativo que chega a uma vertente bastante inclinada e posicionada em direção norte, em área subtropical austral, será bem mais intenso do que uma outra, com a mesma inclinação e no mesmo local, posicionada em direção sul. Do mesmo modo, o sombreamento de edifícios e árvores, dentre outros, será muito mais expressivo em áreas planas que naquelas inclinadas e voltadas para norte no mesmo local. (Mendonça, 1995).

Diante do exposto, apenas uma equipe de especialistas integrados numa análise interdisciplinar podem desenvolver uma metodologia adequada para a compreensão da espacialidade dos condicionantes geo-ecológicos e da atmosfera urbana.

Técnicas de Pesquisa

A pesquisa sobre o clima urbano nas cidades brasileiras teve início na década de 70, com os trabalhos pioneiros do Prof. Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (Monteiro, 1976; Monteiro & Tarifa, 1977). Em 1976, com o trabalho Teoria e Clima Urbano, Monteiro produziu um modelo teórico para a investigação do clima urbano em Geografia, a partir da aplicação da Teoria Geral dos Sistemas. Isso lhe permitiu configurar o clima urbano como um sistema complexo, aberto e adaptativo que, ao receber energia do ambiente maior no qual está inserido, transforma-a substancialmente, gerando produtos exportados ao ambiente. Por outro lado, também facilitou a articulação, através das escalas de abordagem, da grandeza taxonômica nos diferentes graus hierárquicos da organização climática proposta (Monteiro, 1990).

Os trabalhos posteriores tiveram como característica principal o estudo de caso, onde se procurou explorar e/ou desenvolver métodos e técnicas para o estudo do clima urbano.

Tendo como base o grau de articulação das escalas gráficas do clima, a representação cartográfica, bem como, a utilização e as diferentes técnicas de análise desde aquelas observacionais passando pelos recursos de sensoriamento remoto e modelos matemáticos, contribuem para a compreensão do desenho da cidade.

Os trabalhos de campo efetuados através de observações dos parâmetros meteorológicos, acompanhadas de descrições são indispensáveis a uma adequada interpretação para uma satisfatória pesquisa experimental.

Os dados de transecto devem ser montados num veículo teletermométrico com precisão de $0,1^{\circ}$ C. O transmissor deve ser protegido e montado 1 m acima do teto do automóvel que deverá ter cor clara para evitar efeitos de radiação. As observações devem ser feitas com veículo parado. Ventos deverão ser inferiores a 2 m/s, sendo a condição de calmaria a ideal.

Uma das relações entre o ambiente edificado e a temperatura, que vem interessando diversos pesquisadores em Climatologia Urbana, é a que pode ser estabelecida entre a "configuração do céu" ("sky view factor") e as variações térmicas.

A "configuração do céu" é uma medida que revela o quanto de céu disponível existe sobre determinado ponto da superfície terrestre para que se realizem as trocas de energia naquele ponto. Se o ponto estiver situado no interior de uma floresta ou entre edifícios pouco espaçados entre si, a disponibilidade de céu será menor; se, ao contrário, estiver situado num gramado, a disponibilidade será maior (Oke, 1981).

A "configuração do céu" apresenta-se, portanto, como uma medida capaz de auxiliar o equacionamento das diferenças térmicas observadas no interior

Nos estudos do campo térmico das cidades, utilizam-se de imagens NOAA - AVRR, nos canais 4 e 5, infravermelho termal (com resolução espacial de 1,1 km e resolução termal de 0,12°C) e as imagens LANDSAT - TM, canal 6, na faixa do infravermelho termal, (com resolução espacial de 120 m).

Os dados termais obtidos das imagens de satélite mostram uma imagem qualitativa do campo térmico urbano e sua configuração espacial pode contribuir para o replanejamento do desenho urbano. Entretanto, necessita-se estabelecer o grau de confiança dos dados captados por sensores remotos. A informação térmica obtida pelo sensor, conhecida como temperatura radiante, é condicionada pela derivação da emissividade dos alvos, as circunstâncias do meio atmosférico por onde se transmitem as ondas eletromagnéticas e pelas características do sensor.

As observações empíricas sobre o Clima Urbano podem receber uma significativa contribuição através de arcabouços computacionais. O desenvolvimento, nos últimos anos, de modelos numéricos que levam em conta o equacionamento da dinâmica atmosférica, possibilitou sua aplicação na investigação e como elementos comprobatórios ou não dos fenômenos mencionados.

Os modelos numéricos têm sido especialmente aplicados na análise da variabilidade dos parâmetros meteorológicos no ambiente urbano, cuja comprovação implica na determinação de um novo tipo de clima ou, levando em conta as escalas fenomenológicas, a determinação de um micro ou meso clima, com suas nuances próprias.

Conclusão

Este trabalho apresenta as técnicas de análise e metodologia no estudo do clima urbano. Sistemas de observações, sensoriamento remoto e modelagem por computador são técnicas implementadas e desenvolvidas nas últimas décadas para o estudo da atmosfera na cidade. Essas técnicas devem permitir relações entre o comportamento de materiais do tecido urbano e fluxos de radiação líquida de ondas longas.

Os resultados obtidos podem permitir um esquema de parametrização que leve em conta alguns aspectos da heterogeneidade da atmosfera urbana. Esses parâmetros podem ser comparados com outros estudos, permitindo assim uma razoável correlação das alterações climáticas que ocorrem em áreas urbanas.

Nos estudos de clima urbano, é importante destacar o aspecto interdisciplinar na abordagem, tentando desvendar a complexidade do tecido urbano e sua relação com a atmosfera da cidade.

Bibliografia

- ASSIS, E.S. Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da Ilha de Calor: análise de desempenho de áreas verdes urbanas em clima tropical (Dissertação de Mestrado apresentada à FAU/UFRJ), Rio de Janeiro, 1990, 164 p.
- BORNSTEIN, R. The two-dimensional URBMET urban boundary layer model, *Journal of Applied Meteorology*, 14 (1975), 1459-1477.
- CHAHINE, M.T. Infrared Remote Sensing of Sea Surface Temperature, In: *Remote Sensing of Atmospheres and Oceans*, Edited by Adarsh Deepak, Academic Press, 1980.
- LANDSBERG, H. *The urban climate*. New York, Academic Press, 1981.
- LOMBARDO, M.A. et alli. Use of infrared images in the delimitation of São Paulo's heat island, *Ann Arbor: Michigan*, 17th International Symposium on Remote Sensing of Environment: Proceedings, 1983.
- MONTEIRO, C.A.F. *Teoria e Clima Urbano*. (tese de Livre Docência apresentada ao Depto, de Geografia/FFLCH-USP), São Paulo, 1976. 181p.
- MONTEIRO, C.A.F.; TARIFA, J.R. Contribuição ao estudo do clima de Marabá: uma abordagem de campo subsidiária ao planejamento urbano, São Paulo: IGEO/USP, *Climatologia*, 7(1977), 52 p.
- MONTEIRO, C.A.F. Por um suporte teóricos e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano no Brasil, *GEOSUL*, 5 (1990), 7-19.
- OKE, T.R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations, *Journal of Climatology*, 1 (1981), 237-254.
- ROSS, J.L.S. *Geomorfologia: Ambiente e Planejamento*. São Paulo, Ed. Contexto, 85 p. (Coleção Repensando a Geografia), 1990.
- SAKAMOTO, L.L.S. Relações entre a temperatura do ar e a configuração do céu na área central da metrópole paulistana: análise de dois episódios diários. (Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia - FFLCH - USP, São Paulo, 1994.