

O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO E A QUALIDADE AMBIENTAL — EFEITOS ADVERSOS NO CLIMA*

Magda A. Lombardo **

INTRODUÇÃO

A cidade constitui uma das maiores alterações da paisagem produzida pelo homem, através do jogo de relações de forças naturais, sócio-econômicas e culturais.

A urbanização, principalmente nos quadros do capitalismo, é um fenômeno irreversível. Os maiores problemas ocorrem nos países que ainda não contam com redes urbanas hierarquizadas e cuja concentração da população ocorre preferencialmente nas áreas metropolitanas, com as conseqüências de toda ordem, destacando-se a violência contra o meio ambiente.

As cidades ao final do Século XX atingiram um nível tal de deterioração, comprometendo a qualidade de vida.

No Brasil, os aglomerados urbanos até o início da década de 70 possuíam de 50 a 100 000 habitantes e contavam com uma

estrutura urbana deficiente; na década de 80, a população sofreu grande crescimento e a estrutura urbana permaneceu quase inalterada.

A expansão que vem ocorrendo nos grandes centros urbanos tem como origem principal o grande desenvolvimento da economia (indústria e serviços), que possibilita uma concentração populacional nas grandes cidades. Como reflexo político de ocupação do espaço, sobretudo nos países capitalistas do Terceiro Mundo, tem se configurado um perfil nos seguintes aspectos: a) crescimento desordenado do sítio urbano; b) pressão demográfica; c) verticalização urbana; d) aumento da frota de veículos; e) impermeabilização do solo urbano; f) alterações no balanço hídrico; e g) pressão entre as áreas naturais.

A complexidade dos problemas do ambiente, principalmente em áreas urbanizadas com crescimento anormal, exige métodos radicalmente novos para se rediscutir a questão urbana. Toda busca ecológica su-

* Recebido para publicação em 07 de julho de 1989.

** Professora, doutora do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo.
R. bras. Geogr., Rio de Janeiro, 52 (4) 161-166, out./dez. 1990

põe uma reflexão prévia sobre a sociedade, o que permitirá melhor redimensionamento da qualidade de vida do homem.

URBANIZAÇÃO X QUALIDADE AMBIENTAL

A qualidade da vida humana está diretamente relacionada à interferência da obra do homem no meio natural urbano. A população defronta-se com a má qualidade do meio ambiente nas grandes aglomerações geradas pelo rápido processo de metropolização.

A urbanização desordenada causa problemas ecológicos, o desequilíbrio crescente entre a população e os meios materiais e, em contrapartida, a contaminação em todas as suas manifestações. A natureza humanizada, através das modificações do ambiente, alcança maior expressão nos espaços ocupados pelas cidades, criando um ambiente artificial.

Nos países subdesenvolvidos o crescimento acelerado das grandes aglomerações se deve, principalmente, ao aumento da taxa de crescimento vegetativo, tanto urbano como rural, e às migrações internas rural-urbanas e regionais.

A afluência de população para as cidades tem uma velocidade que o planejamento urbano, a ampliação da infra-estrutura básica e o estabelecimento de um controle sanitário adequado não conseguem acompanhar. As pessoas tornam-se vulneráveis às enfermidades cardiovasculares, principalmente as de idade avançada, decorrente da ilha de calor. O próprio tamanho cada vez maior das cidades passa a ser inconveniente à população. Nos núcleos de grande edificação e acumulação de calor, produz-se *stress* térmico que ultrapassa os limites de tolerância dos habitantes.

Em 1980, segundo dados das Nações Unidas, 41% da população mundial residiam na zona urbana. No ano 2000 a população mundial será de 6.1 bilhões e 50% estarão concentrados nas áreas urbanas. A situação dramática é que nos países subdesenvolvidos está ocorrendo um rápido crescimento populacional global como também a explosão de áreas urbanas notadamente

nas metrópoles. Atualmente, mais de 34 áreas urbanas possuem mais de 5 milhões de habitantes, sendo que 21 delas estão localizadas em países subdesenvolvidos.

Esse crescimento gigantesco das áreas metropolitanas nesses países acarreta problemas das mais variadas ordens: abastecimento, segurança, educação, saneamento, transporte, alimentação, moradia, emprego, decadência de serviços e, sobretudo, um ambiente físico degenerado.

A urbanização crescente da humanidade, mesmo a latino-americana e mais especificamente a brasileira, cujo fenômeno de metropolização aparece como efeito mais intenso, tem preocupado aqueles que se relacionam profissionalmente com a questão do meio ambiente. As pesquisas em ecologia urbana, atualmente, ainda estão pouco integradas. A problemática ambiental nas metrópoles, com um ecossistema diversamente estruturado, com inter-relações complexas de seus elementos (o homem, a técnica, as construções, o solo, a água, o ar, a flora e a fauna), exige uma investigação que deve ultrapassar o conhecimento dos especialistas. É necessário um estudo interdisciplinar envolvendo urbanistas, engenheiros, geógrafos, biólogos, ecólogos, meteorologistas, médicos, antropólogos, etc. Os projetos interdisciplinares englobando vários especialistas podem auxiliar no estudo do ambiente urbano através das análises dos processos e funcionamento, das variações temporoespaciais, no contexto de uma análise dinâmica e globalizante.

Diante desses aspectos apresentados se produziu um ambiente alterado sobre as cidades. As influências das alterações na paisagem urbana refletem de forma considerável sobre os demais subsistemas ao nível de superfície, ou seja, o subsistema físico-químico e o hidrodinâmico.

A ATMOSFERA DA CIDADE

O processo de crescimento urbano impõe um caráter peculiar à baixa troposfera, produzindo condições atmosféricas locais distintas das encontradas nas suas áreas vizi-

nhas. A cidade produz um clima próprio chamado clima urbano, conseqüência principalmente da emissão de aerossóis, produção artificial de calor, rugosidade da cidade, como também do material empregado nas construções. Essas interferências ocorrem na camada limite e se processam do nível microclimático ao mesoclimático. Como as características funcionais, estruturais, de sítio e de dimensões espaciais diferenciam as cidades entre si, da mesma forma que os padrões de uso do solo marcam seus contrastes internos, o clima urbano varia de uma cidade para outra.

Os primeiros estudos realizados sobre o clima urbano foram pautados na cidade de Londres, por Evelyn (1661) e Howard (1833). Entretanto, os trabalhos de Landsberg e Chandler (1965) sobre o clima urbano são considerados clássicos.

Chandler (1965) conclui que a cidade modifica o clima através das alterações da superfície, produzindo aumento da temperatura e da precipitação, assim como modificações na ventilação e umidade. Destaca, também, que há alteração na composição da atmosfera e aborda o problema da concentração de poluentes em cidades industrializadas.

Monteiro (1976), através da utilização da Teoria Geral dos Sistemas, propõe um estudo de clima urbano dinâmico, baseado nas inter-relações espaço e tempo.

Endlicher (1981) diz que numa escala sub-regional ou local, a modificação do clima pelo homem exerce uma influência mais qualitativa que quantitativa. Por exemplo, a insolação, a temperatura do ar e as precipitações são mais acentuadas nas cidades do que nos campos adjacentes.

Tukui (1964) tece considerações sobre as condições climáticas das áreas urbanas que são diferentes dos seus arredores. Tais condições são produzidas, principalmente, pelo calor artificial e fumaça contínua em uma área densamente concentrada de construções e população, edifícios de concreto, cimento e pavimentação asfáltica. Diante disto, numa seqüência secular do clima, a temperatura pode aumentar juntamente com a expansão das áreas construídas. Outros elementos, como umidade relativa, velocidade do vento, quantidade de

precipitação, visibilidade, etc., têm também mostrado uma distinta variação.

Através de várias pesquisas, principalmente em cidades de latitude média, pode-se evidenciar os contrastes entre o clima urbano e o das áreas rurais, especificadas na Tabela 1 (Landsberg, 1981).

As ações antrópicas, que ocorrem na atmosfera urbana, alteram o balanço de energia e o balanço hídrico. Como resultado, as manifestações de suas variáveis e conseqüências diretas, associadas aos demais parâmetros climáticos, registram valores distintos dos encontrados nas áreas rurais próximas.

As indústrias, através de suas atividades produtivas, lançam na atmosfera grande quantidade de contaminantes na forma de gases e partículas sólidas. A quantidade de veículos também contribui, bem como o aumento de aerossóis, comprometendo a qualidade do ar.

Myrup (1969), fazendo estudos para uma cidade hipotética da Califórnia, indicou que os parâmetros mais importantes que determinavam a intensidade da ilha de calor eram:

- a redução da evaporação na cidade (pela ausência de vegetação e água disponível) — a radiação solar que não é usada na evaporação se dirige para o aquecimento das ruas, edifícios e do ar da cidade;

- o aumento da rugosidade da cidade (pela presença de edifícios) influencia no aumento da turbulência do ar, o que interfere na circulação atmosférica; e

- as propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais de pavimentação absorvem energia durante o dia e à noite emitem radiação de onda longa, o que ocasiona um excesso de temperatura noturna maior que durante o dia.

Kratzer (1956) atribuía a ilha de calor, primariamente, ao efeito da poluição atmosférica urbana. A camada de poluição à noite absorve e reemite radiação térmica para a cidade, resultando no excesso de temperatura noturna observada.

Bornstein (1968) notou que o auto-aquecimento é a variável dominante que contribui para a ilha de calor em Nova Iorque durante o inverno. Representando esquematicamente o balanço de energia na região

TABELA 1

COMPARAÇÃO COM O MEIO RURAL DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NAS CIDADES, SEGUNDO OS ELEMENTOS

ELEMENTOS	COMPARAÇÃO COM O MEIO RURAL
Contaminantes	10 vezes mais
Particulares	10 vezes mais
Radiação Total	0 – 20% menos
Ultravioleta – inverno	30% menos
Ultravioleta – verão	5% menos
Nebulosidade	
Nuvens	5 – 10%
Nevoeiro – inverno	100% mais
Nevoeiro – verão	30% mais
Precipitação	
Quantidade	5 – 15% mais
Tormentas (temporal)	10 – 15% mais
Temperatura	
Média anual	0,5 – 10°C mais
Mínima de inverno	1 – 2°C mais
Máxima de verão	1 – 3°C mais
Umidade Relativa	
Média anual	6% menos
Inverno	2% menos
Verão	8% menos
Velocidade do vento	
Média anual	20 – 30% menos
Vento máximo	10 – 20% menos
Calmaria	5 – 20% mais

FONTE – Landsberg H. E. (1981) *The Urban Climate*. Academic Press New York, 275 páginas.

rural e urbana, verificou que, na região urbana, o termo Q_F (calor conduzido pelos edifícios) é maior à noite.

Shepard (1958) notou que a perda noturna de radiação de onda longa por uma camada de neblina é capaz de resfriar o ar acima da camada, por vários graus centígrados, assim produzindo uma camada de invasão superior, quando a inversão se situa a uma certa altura da superfície. Várias horas depois do nascer do sol, as camadas de neblina são destruídas pela insolação.

Cálculos realizados por Atwater (1971) indicam que inversões elevadas podem ser produzidas por resfriamento radioativo de uma camada de poluentes, desde que estas tenham um tempo de permanência suficientemente longo acima da cidade.

A radiação solar que entra na cidade é menor devido à grande quantidade de aerossóis. No entanto, ocorre um aumento da radiação emitida pela cidade, no espectro de ondas longas, causadas por temperaturas de superfície mais elevadas como con-

creto, tijolos, asfalto e outros materiais de construção. Em condições principalmente de calmaria, em que há poucas trocas turbulentas, grande parte da energia irradiada volta à construção urbana através da reemissão radioativa de onda longa pela atmosfera. As cidades contribuem para alteração do balanço de energia, gerando bolsões sobre as áreas urbanas, denominadas ilha de calor. A distribuição das isotermas nas cidades mostra uma tendência ao aumento da temperatura da periferia em direção ao centro.

O excesso de calor associado à qualidade do ar nas cidades pode prejudicar a saúde, causando distúrbios de coração, de circulação e respiração.

PROPOSTAS E SUGESTÕES DE PROJETOS INTERDISCIPLINARES

Apesar da contribuição de muitos trabalhos sobre o clima urbano, há falta de es-

quem as quantitativas conceituais e teóricas para estudos das áreas urbanas localizadas nos trópicos. As investigações podem avançar, considerando-se a própria rugosidade da cidade, como também as modificações que ocorrem na camada limite urbana. Muitos trabalhos de pesquisa foram realizados em áreas metropolitanas localizadas em latitudes médias. Entretanto, nem sempre os modelos estabelecidos para climas temperados são necessariamente adequados para se estudar o comportamento climático urbano em latitudes baixas.

No caso das metrópoles brasileiras, o intenso processo de crescimento, principalmente nas últimas décadas, desencadeou sérios problemas de degradação que afetam não apenas o espaço ocupado pela mancha urbana, mas também extrapola o nível regional. Tornam-se necessários estudos básicos para posterior intervenção, adotando-se uma política ligada aos projetos urbanos.

O desenvolvimento de estudos nas metrópoles localizadas nos trópicos muito contribuirá para a compreensão dos processos e poderá fornecer subsídios para generalização através do desenvolvimento de modelos numéricos. Essas investigações em áreas de baixas latitudes poderão auxiliar a compreensão do conforto térmico urbano em ambiente tropical. Esses modelos poderão fornecer subsídios ao planejamento urbano.

As técnicas de sensoriamento remoto, ao nível de aeronave e orbital, poderão ser utilizadas como recursos para estudos de uso do solo, expansão urbana, assim como na delimitação da ilha de calor. A utilização integrada de dados multitemporais de sensoriamento remoto, dados meteorológicos e de campo poderão contribuir satisfatoriamente para o estudo do clima urbano.

O objetivo do estudo, em face da complexidade de análise, exige uma estratégia adequada para a sua compreensão enquanto fenômeno dinâmico e processual. As pesquisas nesse campo estão no estágio inicial e desenvolvem-se através de metodologias diferenciadas, o que dificulta os estudos comparativos, principalmente em áreas urbanas localizadas nos trópicos. Os obstáculos inerentes ao estudo traduzem-se pela variabilidade espacial e temporal do fenômeno, criando problemas ao nível da observação como também do tratamento estatístico dos dados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No caso específico do Brasil, seria necessário desenvolver programas de pesquisas concernentes ao clima urbano para estabelecer metas de ação a serem aplicadas no desenho das cidades. Essas pesquisas poderiam ser incorporadas às secretarias de planejamento municipais com uma orientação ao nível de ministério para que os trabalhos sejam desenvolvidos com parâmetros técnicos e metodológicos adequados.

Os projetos multidisciplinares, englobando vários estudiosos, podem auxiliar no estudo do ambiente urbano, através da análise dos processos e funcionamento das variações cronoespaciais, no contexto de uma análise dinâmica e globalizante. Esse objetivo poderá ser atingido sem grandes custos e certamente poderá auxiliar na melhoria da qualidade de vida de um grande segmento da população mundial que habita as áreas urbanas.

BIBLIOGRAFIA

- ATWATER, M. A. Thermal Changes Induced by Urbanization and Pollutantes, J. of Applied Meteorol., 14, 1061-1071, 1975.
- CHANDLER, T. J. The Climate of London. Londres, Hutchinson & Co, 1965.
- FORESTI, C. Avaliação e Monitoramento Ambiental da Expansão Urbana do Setor Oeste da Área Metropolitana de São Paulo: Análise através de dados e técnicas de sensoriamento remoto. Tese de doutorado em Geografia Física. São Paulo, USP, 1986.
- LANDSBERG, H. E. The Urban Climate. New York, Academic Press, 1981.

- LOMBARDO, M. A. et al. Use of Infrared Imagens in the Delimitation of São Paulo's Heat Island. 17th International Symposium on Remote Sensing of Environment. Michigan, USA, Ann Arbor, p. 9-13, may, 1983.
- _____. Ilha de Calor nas Metr p les — o exemplo de São Paulo. São Paulo, Hucitec, 1985.
- MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. Série teses e monografias, 25, São Paulo, IGEOG/USP, 1976.
- MYRUP, L. Numerical Model of the Urban Hest Island. J. Appl. Meteor. n.8, p. 908-918, 1969.
- WORLD Meteorological Organization. Mexico D.F., p. 26-30, nov. 1984.

RESUMO

Partindo do princípio que na economia capitalista a urbaniza o   um fen meno irreversível, o trabalho analisa diversos aspectos que produzem modifica es nos climas urbanos, entre eles a verticaliza o urbana, o aumento da frota de veículos, a impermeabiliza o do solo urbano, as altera es no balanço hídrico, a pressão demográfica, etc...

Propõe, ainda, o estudo do clima urbano através de projetos interdisciplinares, sugerindo decisões no caso específico do Brasil.