

CLIMATOLOGIA URBANA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Gilda Tomasini Maitelli⁴
Cleusa A.G.P.Zamparoni⁵

AC2999813

RESUMO - O presente trabalho está baseado numa revisão de literatura sobre estudos de clima urbano e métodos utilizados. Alguns comentários foram feitos com o objetivo de contribuir com estudos das interações entre urbanização e características da atmosfera local. Estas informações poderão estimular as pesquisas de climatologia urbana nas áreas tropicais.

ABSTRACT - The present paper is based on a review of several different case urban climate studies. Some comments are carried out with aims is a contribution about urbanization and local atmosphere interaction study. This information will be provide a stimulus for urban climatology research in the tropical areas.

⁴ Profa. Dra. - Depto. de Geografia/ICHS/UFMT.

⁵ Profa. MsC. - Depto de Geografia/ICHS/UFMT.

INTRODUÇÃO

O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e a sua urbanização. O Sistema Clima Urbano -SCU- é o resultado das interações entre as atividades humanas urbanas e as características da atmosfera local, dentro de um contexto regional. A partir do sítio urbano que constitui o núcleo do sistema, o espaço urbanizado mantém relações estreitas com o ambiente regional (MONTEIRO, 1976).

O tecido urbano é o resultado de influências antrópicas que, atuando no ambiente climático, geram condições para a produção de um clima artificial (LOMBARDO 1985).

A influência da cidade sobre a atmosfera local foi estudada inicialmente na Inglaterra, destacando-se as observações de HOWARD (1833), citado por LOMBARDO (1985), que analisou os contrastes meteorológicos entre a cidade de Londres e seus arredores; os estudos de LANDSBERG (1956), que fez uma argumentação meteorológica sobre o clima da cidade, e a contribuição de CHANDLER (1965), que discutiu as modificações que a cidade faz na atmosfera local.

MONTEIRO (1976) elaborou uma ampla discussão sobre teoria e metodologia de clima urbano, comparou várias abordagens e propôs uma teoria de clima urbano vinculada ao espaço geográfico. Segundo ele, o Sistema Clima Urbano - SCU - é formado por três subsistemas - termo-

dinâmico, físico-químico e hidrometeorológico - conforme os canais de percepção humana de conforto térmico, qualidade do ar e meteoros de impacto, respectivamente. Dentro deste contexto, a ilha de calor urbana constitui-se num dos produtos do SCU, influenciando diretamente nas condições de conforto térmico e no desempenho humano. Assim o SCU propicia condições bastante adequadas para os estudos das relações entre as atividades humanas e o meio ambiente físico.

A poluição do ar e a ilha de calor constituem exemplos importantes das alterações que o processo urbano impõe às condições climáticas locais. A ilha de calor urbana corresponde a uma área na qual a temperatura do ar é mais elevada do que nos seus arredores, o que propicia o surgimento de uma circulação característica de ar (LOMBARDO 1985).

No processo de urbanização, a poluição do ar afeta a transferência de radiação e acrescenta núcleos de condensação no ar, aumentando a precipitação. A densidade e a geometria dos prédios criam uma superfície rugosa que influencia na circulação do ar e no transporte de calor e de vapor de água. Os materiais de construção e o asfaltamento das ruas aumentam o estoque de calor, e a impermeabilização do solo aumenta a possibilidade de enchentes (OKE 1987; ARYA 1988). Estes fatores, associados a outros, alteram o balanço de energia e favorecem a formação de ilhas de calor urbanas.

O presente trabalho refere-se a estudos de clima urbano com diferentes enfoques e pretende estimular as pesquisas geográficas e ambientais sob o ponto de vista das interações natureza/sociedade.

ILHAS DE CALOR NA CIDADE

Muitos estudos, visando relacionar ilhas de calor com o tamanho da cidade e o uso do solo, além de outras abordagens, têm sido realizados nos últimos anos..

KAWAMURA (1964) utilizou dados registrados pelo Grupo de Pesquisa do Clima de Cidades do Japão, incluindo nos seus estudos a distribuição da temperatura do ar em Kumagaya, cidade de pequeno porte, com cerca de 50.000 habitantes, localizada numa área plana. A cidade não possuía edifícios em concreto ou pedra, fatores geralmente de grande importância para a geração de calor. Concluiu que a causa principal das variações de temperaturas da cidade e seus arredores, com registro de até 1.5 °C de ilha de calor, estava relacionadas com as diferenças do balanço de radiação entre a área urbana e rural.

HUTCHEON et al (1967) contribuíram com a literatura sobre ilha de calor urbana em cidades de pequeno porte, revelando que o mesmo padrão pode ser observado em noites calmas e claras, produzindo distintas diferenças em situações si-

nóticas de macroescala, e que as observações podem ser feitas simultaneamente com resultados seguros para as análises. Esse estudo foi realizado na pequena cidade de Corvallis - Oregon, com uma população aproximada de 21.000 habitantes, situada em uma área com vegetação e topografia acidentada no seu interior. As maiores temperaturas foram detectadas na área comercial e central, local onde foi registrada a ilha de calor de 6.1 °C.

KOPEC (1970) comparou estudos de clima urbano realizados em duas pequenas cidades universitárias - Palo Alto, Califórnia (Duckworth & Sandberg, 1954) e Corvallis (Hutcheon et al, 1967), com as cidades de Chapel-Hill e Carrboro, localizadas na Carolina do Norte, E.U.A. Os estudos feitos nas primeiras cidades com um total de 33.000 habitantes apresentaram evidências de uma ilha de calor noturna com valores de 6.9 °C para Palo Alto e 6.1 °C para Corvallis. Estas cidades, situadas em baixas altitudes com uma área comercial organizada linearmente, apresentavam baixa densidade demográfica.

As cidades de Chapel-Hill e Carrboro estão localizadas em região de clima continental. Chapel-Hill é uma cidade universitária, enquanto que Carrboro é fundamentalmente comercial, possuindo, em conjunto, uma população de 24.900 habitantes. Inexistem indústrias de manufaturas no interior ou próximo destas cidades, tendo, portanto, um baixo índice de poluição. A diferença entre a maior e menor temperatura encontrada durante os transectos foi de 5.0 °C, em média. O autor

atribuiu as diferenças de temperatura encontradas para estas cidades ao rápido resfriamento dos seus arredores em relação ao distrito comercial central e concluiu que a ilha de calor noturna pode ocorrer em cidades de pequeno porte sob condições de céu limpo e baixa velocidade do vento.

JAUREGUI (1973) faz uma análise das características climáticas da Cidade do México, utilizando dados de uma estação climatológica localizada na área urbana, e relaciona esses estudos, com observações referentes à ilha de calor e distribuição de chuvas. O autor enfatiza a importância das condições sinóticas do clima local na formação e desenvolvimento de ilhas de calor.

As relações entre o tamanho da cidade, medido pelo número dos seus habitantes, e a intensidade da ilha de calor foram estudadas por OKE (1973). Os resultados mostraram que existe relação entre a intensidade de ilha de calor e o logaritmo da população das cidades européias e norte-americanas que foram tomadas como exemplos.

OKE (1973) estabeleceu estreita relação entre o fenômeno da ilha de calor e o tamanho da cidade, tomando como indicador o número de habitantes, ilustrando o estudo com dez exemplos de vilas, cidades e metrópoles. Os resultados apresentaram diferenças nas temperaturas urbano/rural em torno de 12 °C para a metrópole, enquanto que em pequenas cidades, com população entre 1.000 e 23.000 habitantes, essas diferenças térmicas atingiram até 6 °C. Segundo o autor, a

intensidade da ilha de calor das pequenas cidades está relacionada com o acelerado crescimento das áreas centrais em detrimento das áreas mais afastadas, o que resulta em grandes diferenças do resfriamento noturno.

EAGLEMAN (1974) apresentou uma comparação da temperatura do ar urbano/rural em três cidades de diferentes tamanhos como Kansas City (metrópole), com 1.101.787 habitantes; Lawrence (pequeno porte), com 45.698 habitantes, e Topeka (médio porte), com 132.108 habitantes. Uma comparação da intensidade das ilhas de calor para as três cidades demonstrou que a intensidade da ilha de calor variou de 3.7 °F em Lawrence, 6.5 °F em Kansas City e 5.4 °F em Topeka. Uma comparação das medidas da manhã e da tarde revelou que a intensidade média da ilha de calor foi considerada maior durante o período da madrugada em Lawrence e Kansas City, enquanto que em Topeka a média da ilha de calor foi significativa durante a tarde. Para o autor, a intensidade da ilha de calor encontrada para cada cidade mostrou um relacionamento logarítmico com a magnitude do crescimento da população.

SEKIGUTI (1975) relacionou a formação da ilha de calor em duas concentrações de quarteirões residenciais que são denominadas de "Danchi", localizadas nos arredores das grandes cidades no Japão. Selecionou-se o "Danchi" Takiyama, localizado na parte ocidental dos subúrbios de Tokyo com uma área de 28.000 m e 10.000 habitantes, e o "Danchi" West-Ageo, locali-

zado a aproximadamente 30 Km distante de Tokyo, com 29.000 m de área e 12.000 habitantes.

Foram feitas medidas horizontais de temperatura do ar nos arredores dos "Danchis", usando a técnica da observação móvel com o auxílio de um automóvel ou bicicleta. No Takyama "Danchi", a ilha de calor foi distinguida claramente à noite chegando a valores de 2.5 °C e 3.5 °C. Em West-Ageo, obteve-se uma diferença de temperatura do ar entre a sua área central e a periferia de 4.5 °C.

OKE AND MAXWELL (1975) investigaram as variações da temperatura nas cidades de Montreal, Quebec e Vancouver durante o período noturno e relacionaram a ilha de calor com os fluxos de calor sensível e de calor latente, considerando as propriedades térmicas dos materiais urbanos.

KOPEC (1978) investigou a influência das pequenas cidades - Chapel-Hill-Carrboro, N.C., nas variações espaciais e temporais da umidade atmosférica local. Os resultados mostraram que a maior pressão de vapor ocorre durante a noite, sob condições ideais de baixa velocidade de vento e pequena cobertura de nuvens. Assim, devido à significativa correlação entre este fato e as condições para a ocorrência de ilha de calor, o autor sugere a expressão "ilha de umidade".

JAUREGUI (1979) realizou estudos de ilha de calor em Toluca, uma cidade de porte médio do México. O método de coleta foi o de transecto móvel e a maior intensidade de ilha de calor encon-

trada foi de 5 °C, observada no período noturno e na estação seca. As menores taxas de umidade relativa foram de 65%, sendo registradas em área do distrito comercial, associada à ilha de calor.

A magnitude da ilha de calor em Birmingham foi estudada por UNWIN (1980), utilizando diferenças entre temperaturas máximas e mínimas observadas em duas estações climatológicas convencionais: uma localizada em área urbana e outra em área rural. Foram examinadas as variações sazonais e os tipos de ilha de calor durante o período de 1965-1974.

ENDLICHER (1981) investigou os aspectos mesoclimáticos da Vila Annecy, localizada no Alto Savoy, Paris. Estas investigações mostraram a existência da ilha de calor em Annecy com uma intensidade de até 5 °C, somente à noite. Neste caso, a ilha de calor acentuada à noite pode ser atribuída ao estreitamento das ruas da cidade, que contribui para um maior armazenamento de calor durante o dia e a sua liberação mais lenta durante a noite.

SUCKLING (1981) realizou observações dos efeitos das ilhas de calor para pequenos centros urbanos e seus contrastes com os aspectos macroclimáticos, como Brandon - Manitoba, com 37.000 habitantes, localizada a 34 N, 83 W no Macroclima Continental Úmido, e Athens e Winterville - Geórgia, com uma população de 41.000 e 500 habitantes, respectivamente, localizadas a 34 N, 83 W, no Macroclima Subtropical Úmido. Este estudo detectou uma substancial ilha de calor em condições

de céu claro e vento fraco para os pequenos centros de Brandon - Manitoba 5.5 °C; 4.4°C para Athens e 3.2 °C para Winterville - Georgia.

Em DUCHON (1986) encontra-se um estudo das tendências da temperatura em San Juan, Puerto Rico, no período de 1956-1983, com dados de estações climatológicas instaladas em vários locais da cidade. Segundo o autor, no aeroporto internacional de Puerto Rico, localizado na área urbana, a tendência era de elevação das temperaturas mínimas nos primeiros quinze anos e na elevação das temperaturas máximas a partir de 1970 e este fato está relacionado à expansão do tamanho do aeroporto e das áreas residenciais próximas.

PARK (1986) investigou a formação de ilha de calor em Seul e seus arredores. As medidas de temperatura foram obtidas com transecto móvel, usando sensores acoplados a um veículo e usando a velocidade do vento para verificar a intensidade da ilha de calor. Os resultados foram relacionados ao uso do solo e à população. Comparou o relacionamento entre população e intensidade de ilha de calor obtido para cidades americanas e européias com aqueles observados para cidades japonesas e coreanas. Nas suas conclusões, enfatiza que houve forte correlação linear entre a população e a intensidade máxima da ilha de calor para cidades japonesas e coreanas com população superior a 300.000 habitantes.

Os efeitos da urbanização na temperatura do ar em Ibadan, para o período de 1961-1980, foram

analisados por ADEBAYO (1987). Os dados utilizados eram de estações climatológicas localizadas em área urbana e rural e os resultados foram relacionados com a evolução do uso do solo. FENG and PETZOLD (1988) verificaram as variações anuais e sazonais da ilha de calor em Washington, tendo como base série histórica do período de 1945-1979, obtida em estações situadas em áreas urbana, suburbana e rural. A ilha de calor observada foi de 2.4 °C no centro da cidade e de 1.7 °C na área suburbana. No subúrbio, registraram-se aumentos de temperatura 20% maiores do que na área central. Este fato mostrou o acelerado crescimento da urbanização dessa área sob a influência do centro da cidade.

TRAVIS et al (1987) examinaram as diferenças de temperatura e umidade do ar e as relações entre as trocas de estado da atmosfera e a intensidade máxima da ilha de calor produzida pelas pequenas cidades, utilizando um modelo simples da magnitude da ilha de calor urbana versus as condições meteorológicas regionais. Este estudo foi realizado na cidade de Athens - Georgia (34 N, 83 W), com uma população de 41.000 habitantes, utilizando os resultados obtidos em transectos já realizados por SUCKLING et al (1981), com dados coletados duas horas após o pôr do sol, quando a magnitude da ilha de calor era estabelecida. Concluíram que a ilha de calor noturna para a cidade de Athens - Georgia era de 3.7 °C.

YAMASHITA et al (1988) realizaram medidas de temperatura e umidade em cidades do nordeste brasileiro - Patos e Campina Grande- usando

transecto móvel com sensores acoplados a um automóvel. Os resultados mostraram 2 °C para ilha de calor em Patos e valores inferiores a 1 °C para Campina Grande.

Em NASRALLH et al (1990), encontra-se um estudo de ilha de calor no Kuwait. Os dados utilizados são de estações climatológicas situadas em área urbana e nas proximidades da cidade e referem-se a uma análise estatística de vinte e três anos. Os resultados mostraram que o efeito da ilha de calor pode ser observado no centro da cidade com 0.027 °C de aquecimento por ano.

WANG et al (1990) examinaram as variações da temperatura do ar na China, com base em 42 pares de estações urbano-rurais e para o período de 1954-1983. Em média, a magnitude da ilha de calor foi de 0.23 °C, com variações sazonais e regionais significativas.

YAMASHITA (1990) realizou uma análise das características do clima urbano de Tokyo, dentro de uma visão regional, para o período de 1901-1986. Selecionou um período de 15 anos para calcular a intensidade da ilha de calor, utilizando dados de estações localizadas na área metropolitana. A máxima intensidade registrada foi de 5 °C em dezembro e janeiro, entre 19 e 20 horas.

YAGUE et al (1991) analisaram série histórica da temperatura de Madrid para verificar as mudanças ocorridas com o crescimento da cidade. O período de estudo selecionado foi de 1965-1987 e os dados eram oriundos de uma estação localiza-

da no centro da cidade e de duas outras situadas nos arredores. A intensidade da ilha de calor observada foi de 2.02 °C durante o período quente e de 1.83 °C na época mais fria.

Em JAUREGUI (1992), encontra-se um estudo dos efeitos urbanos nas temperaturas do ar na cidade de Guadalajara, México. O autor comparou o crescimento da população com as tendências das temperaturas médias obtidas em estações climatológicas localizadas em áreas urbanas e rurais e concluiu que nas áreas tropicais as características de uso do solo exercem um controle significativo sobre as diferenças de temperatura entre áreas rurais-suburbanas-urbanas. A ilha de calor encontrada variou entre 7 °C e 3 °C.

LEE (1992) faz uma análise das relações entre a intensidade da ilha de calor e o tamanho da cidade, tendo como parâmetro o número de habitantes. Segundo o autor, além do tamanho da cidade, a ilha de calor urbana é função da estrutura física da cidade e da densidade da população e está relacionada às condições sinóticas do clima local. O exemplo utilizado foi a cidade de Londres, onde foi constatado que, embora a população tenha diminuído, a intensidade da ilha de calor não diminuiu.

A intensidade e a forma da ilha de calor urbana em Barcelona foram estudadas por MORENO-GARCIA (1994) que fez uma análise estatística das diferenças entre as temperaturas máximas e as mínimas observadas no centro da cidade e afastada da área central, no aeroporto,

para o período de 1970-1984, e com utilização de medidas móveis, passando com os sensores acoplados a um veículo em locais com diferentes tipos de uso do solo. A maior intensidade da ilha de calor encontrada foi de 8 °C, em situação de tempo estável e com baixa velocidade de vento.

VARIAÇÕES DA UMIDADE DO AR NOS CENTROS URBANOS

As condições da umidade do ar das cidades associadas às ilhas de calor foram estudadas por vários autores.

CHANDLER (1967) realizou medidas de umidade com transectos móveis na cidade de Leicester, Inglaterra, e relacionou as taxas de umidade relativa com o teor de umidade absoluta do ar. O autor concluiu que no centro da cidade, embora ocorressem as menores taxas de umidade relativa do que nos arredores, o teor de umidade absoluta era mais alto.

HAGE (1975) analisou os efeitos do crescimento urbano nos comportamentos da umidade relativa e da umidade absoluta do ar em Edmonton comparando dados de duas estações climatológicas, uma situada na área rural e outra na área urbana. Os resultados mostraram que a cidade era mais seca em todos os horários quanto às taxas de umidade relativa, mas era mais úmida, à noite, quanto ao teor de umidade absoluta.

HENRY et al (1985) relacionaram as condições de umidade do ar com o uso do solo urbano em Lawrence, Kansas, realizando medidas da temperatura do ponto de orvalho com transectos móveis. Segundo os autores, os materiais da superfície urbana estavam negativamente correlacionados com a umidade, enquanto que as superfícies naturais estavam positivamente relacionadas com a umidade do ar.

As diferenças de umidade do ar entre uma área urbana e uma área rural em Chicago foram estudadas por ACKERMAN (1987), e os resultados evidenciaram que a umidade relativa do ar era menor na cidade em todos os horários e em todas as estações, enquanto que a pressão de vapor no ar e a temperatura do ponto de orvalho tinham valores menores na cidade, somente durante o período da tarde e na primavera.

LEE (1991) utilizou dados de pressão de vapor no ar obtidos em área urbana e rural, durante dez anos, para investigar as diferenças de umidade entre a cidade de Londres e os seus arredores. Os estudos revelaram que a atmosfera urbana tinha maior teor de umidade absoluta do que a atmosfera rural durante o período noturno, na primavera e no inverno, enquanto que, no verão, o ar da cidade era menos úmido do que o ar na superfície rural.

BALANÇO DE ENERGIA E MODELOS NOS ESTUDOS DE CLIMA URBANO

A análise do comportamento dos componentes do balanço de energia em área urbana permite avaliar a amplitude das alterações que o processo urbano causa nos fluxos de calor sensível e evapotranspiração em comparação com as superfícies vegetadas e verificar a sua contribuição para a formação das ilhas de calor.

OKE (1988) faz uma revisão dos estudos de balanço de energia de áreas urbanas, discutindo resultados e métodos usados por diversos autores. Ressalta a importância do balanço de energia e de radiação relacionados ao uso do solo, para os estudos de clima urbano.

Dentre os primeiros estudos relativos ao balanço de energia em área urbana, destacam-se os desenvolvidos por OKE and FUGGLE (1972), que realizaram medidas de radiação líquida em Montreal, usando transecto móvel com sensores de radiação acoplados a um automóvel, percorrendo áreas urbanas e rurais; YAP and OKE (1974) que observaram os fluxos de calor sensível, com os instrumentos instalados acima de um telhado de um prédio no centro de Vancouver; KALANDA et al (1980), que empregando o método de Bowen, calcularam o balanço de energia de uma área suburbana de Vancouver, usando uma torre para suporte dos instrumentos. Os resultados mostraram que os conteúdos de radiação líquida eram ligeiramente maiores na zona urbana, indicando

que este fato é um resultado e não a causa da ilha de calor. Quanto aos fluxos de calor, ficou evidenciado que, em média, o calor sensível dominava as taxas de evapotranspiração da cidade.

Estudos mais recentes sobre a partição de energia em área urbana mostram o crescimento da importância do tema nos trabalhos de clima urbano.

CHING (1985) obteve medidas dos fluxos de calor sensível e de calor latente, utilizando um avião para os transectos móveis realizados a 150 metros de altura, acima da área metropolitana de St.Louis, Missouri. Os resultados mostraram que os altos valores dos fluxos de calor sensível estavam associados com a ilha de calor.

CLEUGH and OKE (1986) compararam o balanço de energia de uma área rural com uma área suburbana em Vancouver, realizando medidas diretas de radiação líquida e dos fluxos transferidos para a atmosfera e estocados na superfície rural. Para estimar os valores dos fluxos de calor sensível armazenados na superfície urbana foi utilizado o método da parametrização. Os valores de β (razão de Bowen) foram de 0.46 para a área rural e de 1.28 para a área suburbana.

OKE and CLEUGH (1987) compararam o método residual com o de parametrização de radiação líquida para estimar o fluxo de calor estocado na superfície urbana e concluíram que os dois métodos são razoáveis e úteis para se obter valores indicativos do calor sensível armazenado.

As características de radiação global, albedo e radiação líquida, para áreas urbanas e rurais de Ibadan, foram comparadas por ADEBAYO (1990). Para desenvolver o experimento foram usados dados de estações climatológicas situadas em área urbana e rural associadas com medidas móveis. Os valores de radiação global e albedo registrados foram menores no centro da cidade em cerca de 9-15% e 12-20% respectivamente, enquanto que a radiação líquida teve valores mais altos de 8-20% na área urbana em comparação com a zona rural.

KERSCHGENS and KRAUS (1990) realizaram estudos sobre balanço de energia em Bonn, combinando medidas de campo com modelos numéricos. Enfatizaram a estocagem de calor no sistema urbano, as trocas de energia entre o dossel urbano e a camada limite (CLU) e as interações entre o aquecimento do dossel urbano (CLDU) e do dossel rural (CLDR). Os fluxos de calor sensível dominaram o dossel urbano enquanto que as taxas de evapotranspiração foram mais significativas no dossel rural.

GRIMMOND et al (1991) desenvolveram um modelo para estimar o estoque de calor no sistema urbano usando medidas obtidas em Vancouver. O espaço urbano foi dividido em duas partes: áreas verdes e abertas e áreas construídas, incluindo construções verticais e horizontais, pavimentação de asfalto e cimento. Estabeleceram relações da temperatura destas superfícies com valores de radiação líquida e obtiveram parâmetros para estimar o calor estocado. Comparando os resultados com aqueles observados por OKE et al (1981) para

Vancouver, concluíram que existe uma boa correlação, mas que são necessários estudos para outras áreas urbanas com características e localização geográfica diferente.

SCHMID et al (1991) realizaram estudos de balanço de energia em uma área residencial de Vancouver, visando obter informações mais detalhadas sobre o comportamento da partição dos fluxos sobre uma área urbanizada.

GRIMMOND (1992) faz considerações metodológicas sobre balanço de energia nas áreas urbanas. Segundo o autor, não é possível obter medidas diretas de calor antropogenético, mas este fluxo pode ser estimado, atribuindo valores ao tipo de combustível utilizado, número de veículos que circulam, consumo de energia e outras variáveis oriundas das atividades humanas nas cidades. Utilizou medidas diretas de radiação líquida, fluxos de calor sensível e de calor latente e valores modelados para os fluxos estocados e de origem antropogenética para realizar balanço de energia de Vancouver. O fluxo de calor sensível dominou o de calor latente, embora muitas vezes fossem registrados maiores valores deste fluxo. Segundo o autor, o fato é devido à influência do clima marítimo em Vancouver.

OKE et al (1992) investigaram o balanço de energia na Cidade do México, utilizando uma torre, instalada a uma distância de 4km da área central da cidade para suporte dos instrumentos e o método da correlação de Eddy, que utiliza medidas diretas da velocidade vertical do vento para

calcular os fluxos. Na maioria das vezes, os fluxos de calor sensível foram mais elevados em comparação aos de calor latente. A influência da vegetação no ambiente da cidade tem despertado grande interesse nos estudos de clima urbano. TERJUNG and O'ROURKE (1981) analisaram a influência da vegetação no balanço de energia e temperatura da superfície urbana; OKE (1989) discutiu aspectos micrometeorológicos de uma floresta urbana e seus efeitos na temperatura e umidade do ar na cidade; STULPNAGEL et al (1990) dizem que as plantas exercem uma influência positiva no clima da cidade, principalmente no que se refere à temperatura e umidade; GIVONI (1991) incluiu entre as funções das áreas verdes o seu papel benéfico sobre o conforto térmico; LOMBARDO (1985 e 1990) faz uma avaliação das relações entre clima e vegetação nas cidades tropicais. Os autores concordam que a vegetação das áreas urbanas, quando utilizada de forma adequada, pode minimizar efeitos indesejáveis de temperatura, vento e precipitação.

O emprego de modelos nos estudos de clima urbano é de grande utilidade porque, associados com medidas de campo, permitem compreender as interações entre os fenômenos e fazer previsões.

ROSS and OKE (1988) testaram a validade de modelos de balanço de energia para áreas urbanas, usando como variáveis as características da superfície, condições meteorológicas e componentes de balanço de energia observados em Vancouver. Os modelos mostraram-se úteis para simula-

ção da radiação líquida, mas não foram consistentes para predizer o comportamento dos fluxos de calor sensível e de calor latente.

OKE et al (1991) simularam a formação de ilha de calor à noite, em condições ideais, levando em consideração as trocas radiativas, a condução de calor no substrato, e o estado térmico da superfície. Foram avaliados os efeitos da geometria do dossel sobre a radiação de ondas longas, das propriedades térmicas e da emissividade da superfície e do efeito estufa. O modelo confirmou a importância das relações entre a geometria do desenho urbano e a ilha de calor.

KIMURA and TAKAHASHI (1991) analisaram os efeitos do uso do solo e do aquecimento antropogênico na temperatura do ar da área metropolitana de Tokyo. Para estes estudos, adotaram um modelo numérico e classificaram a superfície em várias categorias: áreas construídas, áreas verdes, pavimentadas, de solo nu e superfícies de água. A intensidade da ilha de calor encontrada no centro de Tokyo foi de 3 °C no período noturno e em torno de 1 °C para o período diurno.

NIEUWOLT (1990) e GIVONI (1992) discutem aspectos de desenho urbano e clima nas cidades tropicais. Os autores concordam que os efeitos da ilha de calor devem ser considerados no planejamento urbano e geometria dos prédios.

A importância de estudos de clima urbano em área tropical foi enfatizada por OKE (1993), quando faz comentários sobre o princípio 9 da

Declaração Rio -1992, que trata das transferências científicas e tecnológicas do conhecimento.

ESTUDOS DE CLIMA URBANO NO BRASIL

Uma avaliação dos estudos de clima urbano realizados no Brasil, período de 1974-1984, foi realizada por MONTEIRO (1986). Segundo o autor, os primeiros esforços nesse sentido foram para entender as relações entre dinâmica do tempo e a poluição do ar nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro (GALLEGO 1972). Os impactos da chuva e das enchentes urbanas foram abordados por MONTEIRO (1980b) e PASCHOAL (1981); os efeitos da ilha de calor para cidades de porte médio foram analisados por SARTORI (1979), cidade de Santa Maria, e FONZAR (1981), cidade de Presidente Prudente; DANNI (1980) observou a formação de ilha de calor em Porto Alegre e SAMPAIO (1981) relacionou uso do solo e elevação de temperatura no ambiente urbano de Salvador.

Estudos sobre as relações entre poluição e urbanização foram desenvolvidos por CONTI (1978); crescimento urbano e mudanças climáticas em São Paulo foram discutidos por CONTI (1979); TARIFA (1977) estabeleceu correlação entre tamanho e temperatura da cidade de São José dos Campos; MONTEIRO e TARIFA (1977) estudaram características do clima de Marabá, para subsidiar o planejamento urbano; TITARELLI (1982a) anali-

sou as alterações de clima local dos centros urbanos relacionados ao processo de urbanização.

Dentre os estudos de clima urbano, desenvolvidos nos últimos anos, destaca-se o trabalho de LOMBARDO (1985) sobre a ilha de calor nas metrópoles. Utilizando o exemplo de São Paulo, foi realizada uma análise das relações entre qualidade ambiental, uso do solo e ilha de calor. Os dados foram obtidos com medidas de campo e imagens de satélite. Os resultados mostraram um modelo computacional para análise de imagens de satélites termais para estudos de ilha de calor e uma metodologia para aplicação da técnica de sensoriamento remoto nos estudos de clima urbano. Conforme LOMBARDO,(1985 pg 209) a intensidade da ilha de calor observada em São Paulo foi de até 10° C, com tipo de tempo estável, com calmaria.

Outros estudos de climatologia urbana têm sido realizados no Brasil, dos quais destacam-se os descritos abaixo:

CAMARGO e TAVARES (1985) estudaram a influência da cidade de Rio Claro na temperatura e umidade do ar local com medidas em pontos fixos; BRANDÃO (1987) verificou as tendências e oscilações climáticas da área metropolitana do Rio de Janeiro numa abordagem de análise estatística; HASENACK (1989) estudou a influência de variáveis ambientais sobre a temperatura do ar na área urbana de Porto Alegre usando o método de obstrução do horizonte; MONTEIRO (1990) discute teoria e prática numa abordagem geográfica do

clima urbano; LOMBARDO (1990) analisa as relações clima-vegetação para as cidades tropicais; SEZERINO e MONTEIRO (1990) estudaram o campo térmico da cidade de Florianópolis relacionados ao uso do solo; VIDAL (1991) estudou a influência da morfologia urbana nas alterações da temperatura do ar na cidade de Natal sob o enfoque de conforto térmico; MAITELLI et al (1991) analisaram as variações de temperatura e umidade do ar na cidade de Cuiabá, na estação seca, através de transecto móvel, utilizando sensores acoplados a um automóvel. O valor da ilha de calor observado foi de até 2.5 °C no período noturno.

MAITELLI (1994) realizou estudos de clima urbano na cidade de Cuiabá-MT, relacionando três abordagens: uma análise estatística de série temporal do período de 1920-1992; medidas horizontais de temperatura e umidade do ar com medidas em pontos fixos e transectos móveis e medidas verticais para determinar o balanço de energia. Os resultados obtidos foram relacionados ao uso do solo e ao crescimento populacional. A ilha de calor encontrada foi de 5 °C na estação seca, e a urbanização influenciou positivamente nas temperaturas mínimas médias.

Estudos realizados por ZAMPARONI (1995) em duas cidades de pequeno porte ao norte do estado de Mato Grosso mostraram a formação de ilha de calor de até 5 °C. A retirada da vegetação e o acelerado asfaltamento e a cimentação das ruas e avenidas parecem estar aquecendo as cidades. A vantagem de realizar estudos em cidades de pe-

queno porte que apresentam acelerado desenvolvimento é o de possibilitar uma ação preventiva e de orientação de uso do solo mais adequado.

CONCLUSÃO

Os estudos comentados neste trabalho mostram que os efeitos da urbanização nas características da atmosfera local têm sido largamente abordados nos países temperados e, ultimamente, têm despertado o interesse de estudiosos nas regiões tropicais. Estes estudos revestem-se de maior importância quando associados às questões ambientais, notadamente àquelas referentes ao conforto térmico e de poluição do ar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEBAYO, Y.R., 1987. Short Communication. A Note on the Effect of Urbanization on Temperature in Ibadan, *Journal of Climatology*, Vol.7, 185-192.
- , 1990. Aspects of the Variation in Some Characteristics of Radiation Budget Within the Urban Canopy in Ibadan, *Atmospheric Environmental*, Vol. 24B, N 1, 9-17.

- ACKERMAN, B., 1987. Climatoloy of Chicago Area Urban-Rural Difference in Humidity, American Meteorological Society, Vol. 26, 427-430.
- ARNFIELD, A.J., 1982. An Approach to the Estimation of the Surface Radiative Budgets of Cities, Physical Geography, Vol.3, 97-122.
- ARYA, S.P., 1988. Introduction to Micrometeorology, Academic Press, INC, USA.
- BARRING, L., MATTSSON, J.O. AND LINDQVIST, S., 1985. Canyon Geometry, Street Temperatures and Urban Heat Island in Malmo, Sweden, Journal of Climatology, Vol.5, 433-444.
- BORNSTEIN, R.D., 1968. Observations of the Urban Heat Island Effect in New York City, Journal of Applied Meteorology, Vol.7, 575-582.
- BRANDÃO, A. M. P. M., 1987. Tendências e Oscilações Climáticas na Área Metropolitana do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CAMARGO, J.C. G. E TAVARES, A.C., 1985. A Influência da Cidade de Rio Claro na Temperatura e na Umidade do Ar, Geografia, 10(20): 149-168.
- CAYAN, D. R., 1984. Urban Influences on Surface Temperatures in the Southwestern United States During Recent Decades, Journal of Climate and Applied Meteorology, Vol.23, 1520-1530.

- CHANDLER, T.J., 1962. Temperature and Humidity Travers Across London, Quartely Journal of the Royal Meteorological Society, 235-242.
- , 1967. Absolute and Relative Humidities in Towns, Bulletin American Meteorological Society, Vol. 48, n 6, 394-399.
- CHING, J.K.S., 1985. Urban-Scale Variations of Turbulence Parameters and Fluxes, Boundary Layer Meteorology 33, 335-361.
- CLEUGH, H. A. AND OKE, T. R., 1986. Suburban-Rural Energy Balance Comparisons in Summer for Vancouver, B.C., Boundary Layer Meteorology 36, 351-369.
- CONTI, J.B., 1978. Urbanização e Poluição: o caso de São Paulo, Suplemento Cultural d'O Estado de São Paulo, N 107, 19/11/1978.
- , 1979. Crescimento Urbano e Mudanças Climáticas, Suplemento Cultural d'O Estado de São Paulo, N° 179, Ano III, 3.
- DANNI, I.M., 1980. A Ilha Térmica de Porto Alegre: Contribuição ao Estudo do Clima Urbano, Boletim Gaucho de Geografia, Série GEO, N 8, 33-48.
- DUCHON, C.E., 1986. Temperature Trends at San Juan, Puerto Rico, American Meteorological Society, Vol.67, No.11, 1370-1377.

- EAGLEMANN, J.R., 1974. A Comparison of Urban Climatic Modification in Three Cities, Atmosphere Environment, Vol 8, pp. 1131-1142.
- ENDLICHER, W., 1981. Lílôt de Chaleur Urbain d'Annecy: Quelques Remarques Sur le Climat Local d'une Ville Alpine, Revue de Géographie Alpine Grenoble, Tome LXIX, 3, Imprimiere de L'avenir, AIX LES BAINS.
- FENG, J. Z. AND PETZOLD, D. E., 1988. Temperature Trends Through Urbanization in Metropolitan Washington, D. C., 1945-1979, Meteorology Atmospheric Physics, 38, 195-201.
- FONZAR, B. C., 1981. O Processo de Ocupação Regional, o Modelo Urbano e o Conforto Térmico na Alta Sorocabana: Um Teste Aplicado a Presidente Prudente, Tese de Mestrado. Depto. de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 156 pp.
- GALLEGO, L.P., 1972. Tipos de Tempo e Poluição Atmosférica, no Rio de Janeiro: Um Ensaio em Climatologia Urbana. Tese de Doutorado, Depto. de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 104 pp.
- GIVONI, B., 1991. Impact of Planted Areas on Urban Environmental Quality: A Review, Atmospheric Environment, Vol. 25b, N 3, 289-299.
- , 1992. Climatic Aspects of Urban Design in Tropical Regions, Atmospheric Environment Vol. 26B, n 1, 397-406.

- GRIMMOND, C.S.B., 1992. The Suburban Energy Balance Methodological Considerations and Results for a Mid-Latitude West Coast City Under Winter and Spring Conditions, Vol.12, 481-497.
- GRIMMOND, C.S.B., CLEUGHT, H.A. AND OKE, T.R., 1991. An Objective Urban Heat Storage Model and its Comparison with Other Schemes, Atmospheric Environment, Vol.25B, No 3, 311-326.
- HAGE, K.D., 1975. Urban-Rural Humidity Differences, Journal of Applied Meteorology, Vol.14, 1277-1283.
- HASENACK, H., 1989. Influência de Variáveis Ambientais sobre a Temperatura do ar na Área Urbana de Porto Alegre, Dissertação de Mestrado, Departamento de Ecologia, UFRGS.
- HENRY, J.A. DICKS, S.E. AND MAROTZ, G. A., 1985. Urban and Rural Humidity Distributions: Relationships to Surface Materials and Land Use, Journal of Climatology, Vol.5,53-62.
- HUTCHEON, R.J., JOHNSON, R.H., LOWRY, W.P., CHARLES, B. H. AND HADLEY, D., 1967. Observations of the Urban Heat Island in a Small City, in Bull. American meteorological Society, 48 (1); 7-9.
- JAUREGUI, E., 1973. The Urban Climate of México City, Erdkunde, Ban. XXVII, Helft 4, 298-307.

- , 1979. La Isla de Calor en Toluca, México, Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, n 9, 27-37.
- JAUREGUI, E., GODINEZ, L. AND CRUZ, F., 1992. Aspects of Heat Island Development in Guadalupe, México, Atmospheric Environment Vol 26B, N 3, 391-396.
- JOHNSON, D. B., 1985. Urban Modification of Diurnal Temperature Cycles in Birmingham, U.K., Journal of Climatology, Vol.5, 221-225.
- KALANDA, B. D., OKE, T. R. AND SPITTLEHOUSE, D.L., 1980. Suburban Energy Balance Estimates for Vancouver, B. C., Using the Bowen Ratio Energy Balance Approach, Journal of Applied Meteorology, Vol.19, 791-802.
- KERSCHGENS, M.J. AND HAECKER J. M., 1985. On the Energy Budget of the Convective Boundary Layer over an Urban and Rural Environment, Contrib. Atmospheric Physics, 58, 171-185.
- KERSCHGENS, M. J. AND KRAUS, H., 1990. On the Energetics of the Urban Canopy Layer. Atmospheric Environment, Vol. 24B, No 2, 321-328.
- KIMURA, F. AND TAKAHASHI, S., 1991. The Effects of Land-Use and Anthropogenic Heating on the Surface Temperature in the Tokyo Metropolitan Area: A Numerical Experiment, Atmospheric Environment, Vol.25B, 155-164.

- LANDSBERG, H.E., 1981. The Urban Climate, Academic Press, New York.
- LANDSBERG, H. E. AND MAISSEL, T.N., 1972. Micrometeorological Observations in an Area of Urban Growth, Boundary Layer Meteorology, Vol.2, 365-370.
- LEE, D. O., 1991. Urban-Rural Humidity Differences in London, International Journal of Climatology, Vol.11, 577-582.
- , 1992. Urban Warming?- An Analysis of Recent Trends in London's Heat Island, Weather, Vol.47, n 2, 50-56.
- LOMBARDO, M.A., 1985. Ilha de Calor nas Metrôpoles- o exemplo de São Paulo, Editora Hucitec, São Paulo, 244 pp.
- LOMBARDO, M.A., 1990. Vegetação e Clima, III Encontro Nacional sobre Arborização Urbana, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, Curitiba, Paraná, 01-13.
- MAITELLI, G.T., ZAMPARONI, C.A.G.P. E LOMBARDO, M. A., 1991. Ilha de Calor em Cuiabá, MT: Uma Abordagem de Clima Urbano, Anais do 3o Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, V.I. Comunicações, Londrina, PR, 561-571.
- MAITELLI, G. T., 1994. Uma abordagem tridimensional de Clima Urbano em área Tropical Continental: o exemplo de Cuiabá - MT, Tese de

Doutoramento, Departamento de Geografia,
F.F.L.C.H., USP, São Paulo.

MONTEIRO, C.A.DE F., 1976. Teoria e Clima Urbano, IGEOG, USP, Série Teses e Monografias, No 25, São Paulo.

—————, 1980b. Environmental Problems in São Paulo Metropolitan Area: The Role of Urban Climate With Special Focus on Flooding, Symposium on Geographical Aspects of Environment, Problems in Highly Urbanized Territories, 24th Int. Geog. Congress, UGI, Japan, 29 pp.

—————, 1986. Some Aspects of the Urban Climates of Tropical South America: the Brazilian Contribution, Urban Climatology and its Applications with Special Regard to Tropical Area, WMO- N 652, Geneve, Switzerland.

—————, 1990. Por Um Suporte Técnico e Prático para Estimular Estudos Geográficos do Clima Urbano do Brasil, GEOSUL, Departamento de Geociências, Florianópolis, 7-19.

MONTEIRO, C.A.DE F. e TARIFA, J.R., 1977. Contribuição ao Estudo do Clima de Marabá: Uma Abordagem de Campo Subsidiária ao Planejamento Urbano, Climatologia, N 7, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 51 pp.

MONTEITH, J.L., 1973. Principles of Environmental Physics, Edward Arnold, London.

- MORENO-GARCIA, M.C., 1994. Intensity and Form of the Urban Heat Island in Barcelona, International Journal of Climatology, Vol. 14, 705-710.
- NASRALLAH, H.A., BRAZEL, A.J. AND BALLING, R.C.JR., 1990. Analysis of the Kuwait City Urban Heat Island, International Journal of Climatology, Vol.100, 401-405.
- NUNEZ, M. AND OKE, T. R., 1977. The Energy Balance of an Urban Canyon, Journal of Applied Meteorology, Vol.16, 11-19.
- NIEUWOLT, S.,1990. Urban Planning and Building Design for Urban Centers in the Humid Tropics , African Urban Quartely, Vol. 5, 96-103.
- OKE, T. R., 1973. City size and the Urban Heat Island, Atmospheric Environment, Vol.7, 769-779.
- ,1982. The Energetic Basis of the Urban Heat Island, Quartely Journal of the Royal Meteorological Society, Vol.108, No 455, 1-24.
- ,1987. Boundary Layer Climates, Routledge, London and New York, Second Edition, 435p.
- ,1988. The Urban Energy Balance. Progr. Phys. Geog., Vol.12, 471-508.
- ,1989. The Micrometeorology of the Urban Forest, Philosophical Transactions Royal Society of London, Vol.324, 335-349.

- , 1993. Meteorology for the Urban Environment: Technology-Transfer Options, Bulletin World Meteorological Organization, Volume 42, N 3, 214-217.
- OKE, T. R. AND EAST, C., 1971. The Urban Boundary Layer in Montreal, Boundary-layer Meteorology, Vol.1, 411-437.
- OKE, T.R. AND FUGGLE, R.F., 1972. Comparison of Urban-Rural Counter and Net Radiation at Night, Boundary-Layer Meteorology, Vol. 2, 290-308.
- OKE, T.R. AND MAXWELL, G.B., 1975. Urban Heat Islands Dynamics in Montreal and Vancouver, Atmospheric Environment, 9, 191-200.
- OKE, T. R., KALANDA, B.D. AND STEYN, D.G., 1981. Parameterization of Heat Storage in Urban Areas, Urban Ecology 5, 45-54.
- OKE, T. R. AND CLEUGH, H.A., 1987. Urban Heat Storage Derived as Energy Balance Residuals, Boundary-Layer Meteorology, 39, 233-245.
- OKE, T. R., JOHNSON, G. T., STEYN, D. G. AND WATSON, I. D., 1991. Simulation of Surface Urban Heat Islands Under "Ideal" Conditions at Night , Part 2: Diagnosis of Causation, Boundary Layer Meteorology, Vol.56, 339-358.
- OKE, T.R. ZEUNER, G. AND JAUREGUI, E.,1992. The Surface Energy Balance in Mexico City, Atmospheric Environment, Vol. 26B, No 4, 433-444.

- PARK, HYE-SOOK, 1986. Features of the Heat Island in Seoul and its Surrounding Cities, Atmospheric Environment, Vol.20, No 10, 1859-1876.
- PASCHOAL, W., 1981. As Inundações no Cabuci: Percepção e Reação do Habitante e Usuário de uma Área Central da Metrópole a um de seus Problemas mais Sérios, Tese de Mestrado, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 162 pp.
- PETERSON, J. T. AND STOFFEL, L.T., 1980. Analysis of Urban-Rural Solar Radiation Data from St. Louis, Missouri, Journal of Applied Meteorology, 275-283.
- ROSS, J.L.S. e SANTOS, L.M.DOS, 1982. Geomorfologia, Projeto Radambrasil, Programa de Integração Nacional, Cap. II, Vol. 26, Folha CD 21 - Cuiabá , p. 222.
- ROSS, S.L. AND OKE, T. R., 1988. Tests of Three Urban Energy Balance Models, Boundary-Layer Meteorology 44, 73-96.
- SAMPAIO, A.H.L., 1981. Correlações entre o Uso do Solo e Ilhas de Calor no Ambiente Urbano: O Caso de Salvador, Tese de Mestrado, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 103 pp.
- SARTORI, M. DA G.B., 1979. O Clima de Santa Maria, RS: do Regional ao Urbano, Tese de Mestrado, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 162 pp.

- SCHMID, H.P., CLEUGH, H.A., GRIMMOND, C.S.B. AND OKE, T.R., 1991. Spatial Variability of Energy Fluxes in Suburban Terrain, Boundary-Layer Meteorology 54, 249-276.
- SEZERINO, M.L. E MONTEIRO, C.A.F.DE, 1990. O Campo Térmico da Cidade de Florianópolis, GEOSUL, 20-59.
- STEYN, D.G. 1980. The Calculation of View Factors from Fisheye-Lens Photographs, Atmosphere Ocean, 18(3), 254-258.
- STULPNAGEL, A.V., HORBERT, M. AND SUKOPP, H., 1990. The Importance of Vegetation for the Urban Climate, Urban Ecology, 175-193.
- TARIFA, J.R., 1977. Análise Comparativa da temperatura e Umidade na Área Urbana e Rural de São José, dos Campos, SP, Geografia, 2, 59-80.
- TERJUNG, W. H. AND O'ROURKE, P.A., 1981. Relative Influence of Vegetation on Urban Energy Budgets and Surface Temperatures Boundary-Layer Meteorology, Vol.21, 255-263.
- TITARELLI, A.H.V., 1982a. Alterações de Clima Local dos Centros Urbanos: Efeitos Adversos da Urbanização, Caderno Prudentino de Geografia, n 3.
- UNWIN, D.J., 1980. The Synoptic Climatology of Birmingham's Urban Heat Island, 1965-74, Weather, 43-50.

- VIDAL, R., 1991. Influência da Morfologia Urbana nas Alterações da Temperatura do Ar na Cidade de Natal-RN, Dissertação de Mestrado, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, UnB, DF.
- WANG, W.-C., ZENG, Z., KARL, R.T., 1990. Urban Heat Islands in China, Geophysical Research Letters, Vol. 17, n 12,2377-2380.
- WHITE, J.M., EATON, F. D. AND AUER, A. H. JR., 1978. The Net Radiation Budget of the St. Louis Metropolitan Area, Journal of Applied Meteorology, Vol.17, 593-599.
- YAGUE, C., ZURITA, E. AND MARTINEZ, A.,1991. Statistical Analysis of the Madrid Urban Heat Island, Atmospheric Environment, Vol 25B, n 3, 327-332.
- YAMASHITA, S., 1990. The Urban Climate of Tokyo, Geographical Review of Japan, Vol. 63, N 1, 98-107.
- YAMASHITA, S., SEKIMET, K., SHODA, M., YAMASHITA, K. AND HARA, Y.,1986. On Relationship Between Heat Island and Sky View Factor in the Cities of Tama River Basin, Japan, Atmospheric Environment, Vol. 20, N 4, 681-686.
- YAMASHITA, S., IMAMURA, I.R. AND MONTEIRO, C.A.F.DE, 1988. Observation of Heat Island in Patos and Campina Grande, Northeast Brazil, Latin American Studies, Vol.10, 145-156.

YAP, D. AND OKE, T. R., 1974. Sensibles Heat Fluxes Over an Urban Area, Vancouver, B.C., Journal of Applied Meteorology, Vol.13, 880-890.

ZAMPARONI, C.A.G.P., 1995. Ilha de Calor em Barra do Garças e Tangará da Serra - MT: uma contribuição ao estudo de Clima Urbano em cidades de pequeno porte em área tropical, Dissertação de Mestrado, Dep. de Geografia, F.F.L.C.H., USP, São Paulo.