AMBIENTE CONSTRUÍDO
REVISTA DA ANTAC

Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador

Land occupation patterns and microclimates in the Brazilian continental tropical region: correlations and an indicator proposal

Denise Helena Silva Duarte
Geraldo Gomes Serra

Resumo

O objeto deste trabalho é o microclima urbano nas cidades brasileiras na região de clima tropical continental. O objetivo é medir as correlações entre a temperatura do ar e alguns parâmetros de ocupação do solo na região, usando variáveis de planejamento que podem ser regulamentadas pela legislação municipal, mostrando a existência de fenômenos climáticos urbanos diferenciados para o período diurno e noturno. Tendo em vista as correlações encontradas, propõe-se um indicador relacionando densidade construída, arborização e superfícies d'água em áreas urbanizadas, a fim de orientar as medidas necessárias para amenizar o rigor climático nas cidades da região.

Palavras-chave: microclimas urbanos, conforto ambiental urbano, padrões de ocupação urbanos, planejamento urbano, indicadores.

Abstract

This paper is concerned with the urban microclimate in the Brazilian continental tropical climate region. The purpose is to measure correlations between air temperature and some parameters of land occupation in the region, using urban planning variables that can be controlled by municipal regulation, showing distinct urban climatic phenomena for day and night periods. Considering the existing correlations, this research work suggests an indicator relating building density, area covered by trees, and water surface in urban areas, in order to guide the necessary procedures to ameliorate the harsh urban climate in the region.

Keywords*: urban microclimates, urban environmental comfort, urban occupation patterns, urban planning, indicators.*

Denise Helena Silva Duarte

Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Universidade de São Paulo
Rua do Lago, 876
Cidade Universitária
CEP 05508-900, São Paulo - SP
tel.: 55 (11) 3091-4681/r.214
fax: 55 (11) 3091-4539
e-mail: dhduarte@terra.com.br

Geraldo Gomes Serra

Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Universidade de São Paulo
Rua do Anfiteatro, 161
Colméia, Favo 11
Cidade Universitária
CEP 05508-900, São Paulo – SP
tel./fax: 55 (11) 3091-3209
e-mail: gegserra@usp.br

Recebido em 29/04/03
Aceito em 03/10/03

ISSN 1415-8876 © 2003, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Todos os direitos reservados.

Introdução

Nos últimos anos, muitas cidades são vistas como símbolos de crise ambiental. Os problemas relacionados ao meio ambiente urbano são os mais variados: excesso de ruído, emissão de poluentes no ar e na água, escassez de recursos energéticos e de água, falta de tratamento adequado de resíduos, alterações no regime de chuvas e de ventos, formação de ilhas de calor, ilhas secas, ilhas de frio, inversão térmica, aumento do consumo de energia para condicionamento artificial e transporte, etc.

O condicionamento artificial dos edifícios teve efeitos marcantes nas cidades modernas. A vida urbana se converteu em uma série de experiências condicionadas artificialmente, com moradia, espaços de trabalhos e veículos isolados do exterior. Liberando os edifícios das preocupações climáticas, o condicionamento artificial permitiu o desenvolvimento de mega-estruturas cujo aquecimento, refrigeração, umidade e iluminação dependem totalmente de sistemas mecânicos. Isso fez com que as cidades dessem as costas ao meio exterior, tornando-se cada vez mais um lugar contaminado, varrido por ventos de inverno ou sufocados pelo calor do verão. A preocupação exclusiva com o microclima interior nega o papel condicionante climático ao espaço exterior, e os microclimas urbanos cada vez mais insalubres geram maior confiança nos microclimas interiores controlados (HOUGH, 1998).

Cada cidade é composta por um mosaico de microclimas diferentes; os mesmos fenômenos que caracterizam o mesoclima urbano existem em miniatura por toda a cidade, como pequenas ilhas de calor, bolsões de poluição atmosférica e diferenças locais no fluxo dos ventos. Esse mosaico pode ser criado intencionalmente, através do projeto dos espaços externos. Quando as condições naturais não são favoráveis, a criação de um microclima mais ameno é essencial para incentivar (ou até mesmo possibilitar) o uso de áreas externas. A preocupação em se planejar uma proteção total ou parcial para pedestres criando conexões entre edifícios com passagens sombreadas é comum às cidades de climas extremos, mas, com freqüência, regulamentações desnecessárias inviabilizam essas inovações. Os arquitetos podem ser encorajados a planejar esses espaços em troca de ganhos na área construída, por exemplo.

Hoje se investiga a compatibilidade entre verticalização, alta densidade ocupacional e manutenção da ventilação em áreas urbanas (figura 1) e, sob determinadas condições, é possível criar microclimas urbanos que nunca existiram nas condições naturais, verdadeiros oásis urbanos.

Apesar de todo o conhecimento já acumulado sobre os fenômenos climáticos urbanos, o desafio hoje é transformar esses dados em critérios de ocupação, em índices urbanísticos. Surgiram alguns métodos bons para diagnósticos, mas difíceis de serem aplicados ao planejamento. O que realmente falta é uma metodologia quantitativa, incorporando as variáveis em questão.

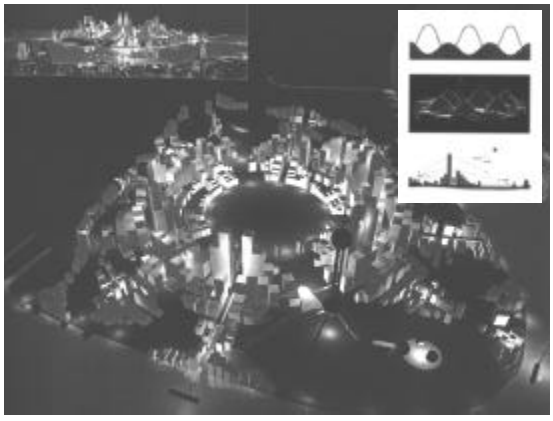


Figura 1 - **Modelagem de Richard Rogers and Partners para Zu Lia, distrito de Shangai, explorando as possibilidades de compatibilização entre alta densidade e qualidade ambiental (ROGERS, 1999; ROGERS; GUMUCHDJIAN, 1997)**

Breve revisão bibliográfica

De acordo com a revisão de Monteiro (1976), o primeiro de estudo de clima urbano surgiu em Londres, no início da era industrial, com a obra do climatologista amador Luke Howard, em 1833, que analisou contrastes meteorológicos em Londres, entre a metrópole e o entorno. Os estudos se multiplicaram nas cidades industrializadas da Europa Ocidental e depois na América do Norte. Mais tarde vieram os estudos de Mumford, professor de Planejamento Urbano na Universidade da Pensilvânia, Filadélfia, sobre a história natural da urbanização, e de Landsberg, na época chefe do Serviço de Climatologia do *U.S. Weather Bureau* e professor de Meteorologia nas Universidades da Pensilvânia e de Chicago, sobre o clima das cidades. Depois do pioneiro Landsberg, que fez parte da equipe de Albert Mayer para o planejamento original de

Chandigarh, destacaram-se o meteorologista americano Robert Borstein, da San Jose State University, Califórnia, e Roger Taesler, meteorologista sueco. Nas regiões tropicais e subtropicais, somente nos anos 70 surgiram os primeiros trabalhos. Nos anos 80 aconteceram importantes conferências sobre climatologia urbana aplicada às regiões tropicais que aproximaram as pesquisas na área vindas de diversas partes do mundo, eventos estes que se tornaram mais freqüentes nos anos 90.

A contribuição de Oke (1973a, 1973b, 1981, 1999), do Departamento de Geografia da *University of British Columbia*, Vancouver, Canadá, é das mais significativas; ao longo de todo o seu trabalho demonstrou que o clima da cidade é produto de um fenômeno de transformação de energia a partir da interação entre o ar atmosférico e o ambiente urbano construído. O autor explica a diferença entre os processos térmicos rural e urbano e coloca em evidência a geometria urbana e a inércia térmica dos materiais de construção no processo de mudança climática causado pelos assentamentos urbanos (ASSIS, 1997).

Recentemente, Katzschner (1997) propõe uma estrutura de integração entre as escalas climáticas e as do planejamento urbano como meio de viabilizar a tradução dos aspectos do clima urbano para uma linguagem de planejamento. A tese de Assis (2000) partiu da hipótese de que é possível alcançar e preservar boas condições climáticas nos recintos urbanos, especialmente com relação ao conforto térmico, através do planejamento e de seus instrumentos regulamentadores, analisando a variável "geometria da malha urbana". A tese é a de que um melhor arranjo entre as edificações de um determinado lugar, do ponto de vista térmico, pode ser obtida a partir de critérios de acesso e controle da insolação e iluminação natural para a economia de energia. Foram utilizados modelos físicos escalares do ambiente rural (solo natural) e urbano (com as intervenções em uma área de Belo Horizonte) para estudar sua perda radiante de calor após o pôr-do-sol em uma noite calma e sem nuvens, condições preferenciais para a ocorrência das ilhas de calor. Os modelos foram ensaiados em uma câmara fria e os sensores foram calibrados para reproduzir as experiências descritas por Oke (1981). Os resultados mostraram que a área construída permaneceu mais aquecida do que áreas abertas e que grandes áreas livres inseridas em áreas verticalizadas reduziram o efeito da ilha de calor.

Em um de seus trabalhos mais recentes, Oke et al. (1999) realizaram medições do balanço de energia na Cidade do México, na estação seca, em uma área densamente construída. Os resultados mostraram um ambiente dominado pelo calor sensível e, em particular, que armazena grandes quantidades de calor no espaço construído durante o dia, liberando-o durante a noite. A evaporação é mínima em todos os horários. Os autores esperavam poder aplicar as mesmas relações já encontradas em áreas menos urbanizadas, mas não foi o que encontraram:

> *It appears that the competing effects of surface characteristics such as water availability, active surface area and thermal properties of the materials interact in a complex manner that will take time to unravel*[1] *(OKE et al., 1999, p. 3930).*

Quanto à proporção e distribuição da vegetação em áreas urbanas, Givoni (1991; 1998), Spirn (1995), Honjo e Takakura (1990/91) e Assis, (1990), dentre outros, considerando o efeito extremamente localizado das áreas verdes, recomendam a sua distribuição pelo espaço construído. A partir de um certo ponto, o tamanho de um único parque faz pouca diferença nas condições climáticas além dos seus limites. Porém, a divisão da área verde em um maior número de pequenos parques, espalhados por toda a cidade, estende os benefícios a uma área maior, a um maior número de pessoas. Cada bairro deve ter uma parcela de área verde e superfícies d'água para criar no seu entorno condições de conforto higrotérmico e de qualidade do ar mais adequadas. Os parques urbanos também podem atuar como elementos de ligação entre bairros, compartilhando equipamentos e serviços. Para as condições de conforto higrotérmico do edifício e para a redução do consumo de energia para resfriamento, a vegetação nos lotes no entorno dos edifícios é muito mais significativa. Além disso, com essa distribuição, os edifícios não dominam a paisagem, mas passam a fazer parte dela.

O efeito direto da vegetação na poluição do ar é a filtragem de parte dos poluentes, e o efeito indireto é o de incrementar as condições de ventilação na cidade, que por sua vez afeta a dispersão de poluentes, principalmente os gerados pelo trânsito nas ruas, próximo ao solo. Do ponto de vista da filtragem de poluentes, também é mais eficiente espaçar árvores e parques urbanos do que concentrá-los em alguns pontos (GIVONI, 1998).

[1] Parece que os efeitos competitivos de características de superfície como disponibilidade hídrica, área de superfície ativa e propriedades térmicas dos materiais, interagem de uma forma complexa, que levará tempo para ser esclarecida.

Do ponto de vista do ruído urbano, o efeito da vegetação é praticamente nulo, mas as áreas verdes exercem um efeito psicológico, escondendo a fonte de ruído.

Para o planejamento de um programa de arborização devem ser considerados diversos fatores (GIVONI, 1998): a área livre total disponível, a divisão dessa área em parcelas menores, a distribuição nas áreas centrais e na periferia, o tamanho de cada parcela e sua localização em relação às áreas residenciais, o desenho de cada parcela, dos equipamentos, dos acessos, etc.

Observando a retração da vegetação na estação seca na região de clima tropical continental no Brasil, o plantio distribuído em pequenas áreas verdes também facilita a manutenção. É preciso investigar melhor a otimização do tamanho das áreas verdes e do correspondente investimento a ser feito frente aos ganhos no consumo de energia e bem-estar da população. Segundo o princípio da melhor distribuição das áreas verdes, o parâmetro "área verde/habitante" não faz muito sentido, pois não reflete a distribuição desse verde pela cidade. Tão importantes quanto a disponibilidade das áreas verdes, são a sua distribuição e a qualidade dos espaços produzidos, bem como as vantagens sociais para a população.

Menneh e Coelho (2000) mostram a distribuição irregular das áreas verdes na cidade de São Paulo que hoje, em média, é de 3,65 m^2/hab, e demonstram que esse índice variou muito durante o processo de urbanização. As autoras sugerem uma maior participação privada no aumento de áreas verdes, que poderia se dar nos processos de verticalização dos bairros, uma vez que no parcelamento não é levada em consideração a densidade que o bairro virá a atingir. À medida que se altera o zoneamento ou o perfil da região pela verticalização, não se questiona a necessidade do aumento das áreas públicas. As autoras sugerem mecanismos de compensação, como a compra de áreas equivalentes ao aumento de potencial construtivo durante a verticalização. Pelo levantamento de Lombardo (1995), a cobertura vegetal em São Paulo é de 70% no Morumbi, e de apenas 3% na área central.

De acordo com Gonçalves (1994), se, por um lado, o loteador tem algum interesse no melhor aproveitamento do solo em termos de área construída, a administração pública corrobora esse interesse, à medida que, quanto maior a área construída, maior a arrecadação de impostos e menores os custos de manutenção pela redução no número de áreas verdes. Além disso, os bicos de quadra destinados às áreas verdes atendem, na melhor das hipóteses, a uma porcentagem de área verde por habitante, mas não às funções sociais a que se destinam.

Cabe lembrar também que, apesar da relevância da arborização urbana para algumas cidades, é preciso desmistificar essa reposição do verde; o elemento natural também pode ser a presença de água na paisagem. Em Veneza, por exemplo, o sombreamento para os pedestres é promovido pelo próprio confinamento das ruas estreitas e pelas galerias nos pavimentos térreos dos edifícios, e quase não existem árvores, o que é comum em cidades medievais. Já em regiões predominantemente quentes e úmidas, o incremento de superfícies d'água não é necessário nem desejável. Nesse caso o rigor climático é mais bem resolvido com vegetação que proporcione o maior sombreamento possível sem obstruir a ventilação na altura dos ocupantes. Em outros casos, como em Sevilha, por exemplo, a presença de água ameniza o rigor do clima extremamente seco, e tem tanta importância quanto a presença do verde.

Microclimas urbanos x padrões de ocupação do solo

Os modelos utilizados para se estudar os fenômenos climáticos urbanos geralmente trabalham com os seguintes parâmetros:

(a) o tamanho da cidade, usando "população" como parâmetro (OKE, 1973a), às vezes com a interferência da velocidade regional de vento;

(b) a relação H/W (altura/largura) ou fator de visão de céu nos *canyons* urbanos (TAHA, 1988);

(c) o balanço de energia, com variáveis familiares aos climatologistas, mas não diretamente aplicáveis ao planejamento urbano (OKE, 1999).

Diferentes densidades construídas na cidade afetam os microclimas e, pelo seu efeito cumulativo, determinam a modificação do clima regional pela urbanização. É conveniente, então, substituir o parâmetro "população" usado em alguns modelos para tratar os fenômenos climáticos urbanos por "densidade construída", por esta apresentar uma relação causal mais forte com o aquecimento urbano, e por ser mais permanente e relativamente fácil de ser quantificada.

Na tentativa de resolver algumas destas questões, neste trabalho mediram-se as correlações entre a temperatura do ar e alguns parâmetros de uso e ocupação do solo na região de Clima Tropical

Continental, usando variáveis de planejamento que podem ser regulamentadas pela legislação municipal (DUARTE, 2000; 2002). Propôs-se, também, um indicador relacionando densidade construída, arborização e superfícies d'água em áreas urbanizadas, a fim de orientar as medidas necessárias para amenizar o rigor climático nas cidades da região. Após ser testado em outras cidades e validado, esse indicador pode ser usado para ajustar a proporção recomendada entre o espaço construído e os elementos naturais (vegetação e água) em cidades existentes ou para o planejamento de novas áreas de ocupação, bairro a bairro.

O estabelecimento de tal correlação já foi tentado por Sampaio (1981), cujo objetivo era sistematizar metodologicamente um caminho que permitisse aferir e explicitar possíveis correlações entre as variáveis do uso do solo e as ilhas de calor para o caso de Salvador, verificando a existência da correlação e determinando o grau de associação entre as variáveis. Sampaio usou como variável dependente a temperatura do ar e como variáveis independentes o uso do solo e as condições do meio físico.

Pelos resultados encontrados, Sampaio concluiu que a intensidade de uso do solo não poderia ser apontada como tendo uma correlação linear com a variação de temperatura na cidade de Salvador, invalidando a hipótese inicial em termos de significação numérica; o autor afirma ainda que Salvador não se encaixa no modelo de Oke (1973a) para relacionar a intensidade da ilha de calor à população. Apesar disso, Sampaio conseguiu comprovar contrastes entre áreas edificadas e áreas livres nas temperaturas máximas e médias.

O resultado do trabalho de Sampaio mostra a dificuldade de se isolar a variável uso do solo para demonstrar a ocorrência da ilha de calor. Na época o autor não conseguiu comprovar a hipótese para o caso de Salvador com os dados de microclimas urbanos medidos e os índices urbanísticos utilizados, talvez por condições climáticas atípicas durante o curto período de medições, por ter medido somente no período diurno e, principalmente, pelo fato de que cidades litorâneas, sujeitas a ventos de grande intensidade que aumentam as trocas térmicas por convecção, são menos sujeitas à influência da forma urbana sobre a temperatura do ar, o que não acontece em cidades tropicais continentais, sob condições de céu claro e calmaria. Com o aumento da velocidade do vento diminui a tendência da temperatura na zona urbana ser superior à dos arredores.

Correlação entre a temperatura do ar e os padrões de ocupação do solo

Dentro da região de clima tropical continental, que predomina no centro-oeste do Brasil, optou-se por trabalhar com amostras de condições ambientais urbanas da cidade de Cuiabá – MT pelos seguintes motivos:

(a) localização em área tropical continental, sem influência marítima, onde já foi detectada a influência do uso do solo urbano na ocorrência de ilhas de calor no trabalho de Maitelli (1994);

(b) o fato da zona urbana estar situada em uma depressão geográfica faz com que a freqüência e a velocidade média dos ventos seja extremamente baixa, minimizando o efeito das trocas térmicas por convecção e ressaltando ainda mais a influência do espaço construído sobre a temperatura do ar, o que acaba gerando condições praticamente ideais para este tipo de experimento;

(c) o porte médio da cidade e suas altas taxas de crescimento. Em 2000 o aglomerado urbano Cuiabá / Várzea Grande totalizava 698.644 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2003);

(d) em Cuiabá encontram-se amostras de desenho urbano acompanhando cada período de sua história, gerando uma grande variedade de padrões de ocupação. É um exemplo de cidade do período colonial que foi se modernizando e se adaptando às suas novas funções, diferentemente de outras antigas capitais de estado como Ouro Preto e Goiás Velho, por exemplo, que foram substituídas por novas capitais planejadas - Belo Horizonte e Goiânia - respectivamente.

Medições microclimáticas

Após o reconhecimento da cidade, foram escolhidos sete casos na zona urbana de Cuiabá. Além da simultaneidade das medidas em diferentes pontos, a escolha dos casos estudados procurou responder a dois interesses: a diversidade das morfologias - para colocar em evidência as relações entre as diferentes configurações urbanas e a distribuição dos parâmetros microclimáticos dos espaços externos, e a uniformidade dos elementos morfológicos dentro de cada área escolhida. Sendo assim, procurou-se escolher casos com diferentes padrões de ocupação

urbana, com altitudes muito próximas e, ao mesmo tempo, estabelecer critérios de uniformidade para a delimitação de cada área estudada. Além do entorno das duas estações meteorológicas de apoio (UFMT e INMET), foram escolhidos outros cinco pontos-chave na amostra. Destes cinco, três localizam-se na área central da cidade: o centro antigo com a ocupação remanescente do período colonial, junto ao Morro da Luz, a área de ocupação recente predominantemente vertical, ao longo da Av. do CPA e arredores, e por fim o bairro Araés, de ocupação bastante densa, predominantemente horizontal, com alguns edifícios isolados, mas ainda com farta vegetação nos quintais. Pascoal Ramos é um bairro periférico, a aproximadamente 15 Km do centro; já o Horto Florestal, a 5 Km da área central, foi considerado como representativo das condições climáticas regionais, com pouquíssima intervenção urbana. Para garantir uma certa uniformidade nas condições de medição em relação às estações de apoio e ao Horto Florestal, todos os abrigos foram locados sobre solo natural, em quintais de residências ou em estacionamento não pavimentado (Figura 2).

Optou-se por realizar essas medições em dois períodos representativos para o clima regional, na estação seca e na estação chuvosa, em agosto de 1998 e janeiro/fevereiro de 1999, respectivamente. Foram seis dias consecutivos de medições em cada estação, sendo um dia com leituras de hora em hora, das 8 h às 20 h e, nos outros cinco, leituras em três horários que coincidem com os utilizados pelas estações meteorológicas de apoio: 8 h, 14 h e 20 h, sendo estas o 9º Distrito de Meteorologia do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, e a Estação Climatológica Mestre Bombled, no *campus* da Universidade Federal de Mato Grosso. Nos outros cinco casos foi utilizado um abrigo meteorológico simplificado com um psicrômetro estático para registrar temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido, podendo-se assim extrair os valores de umidade do ar.

Neste estudo, o parâmetro utilizado para comparação das condições de conforto térmico entre os diferentes casos é a temperatura do ar. Tendo em vista as condições climáticas encontradas, com a temperatura média dos postos sempre elevada, a preocupação com *stress* térmico pelo frio é desprezível em relação ao *stress* pelo calor, sendo assim, considera-se o local mais confortável quanto menor for a temperatura do ar.



(a) Vista do Morro da Luz a partir do centro histórico



(b) Detalhe do padrão de ocupação do centro histórico



(c) Av. do CPA



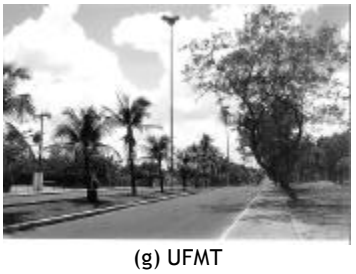
(d) Horto Florestal



(e) Araés (com boa parte dos edifícios de um e dois pavimentos encobertos pela vegetação)



(f) INMET



(g) UFMT



(h) Pascoal Ramos

Figura 2 – **Sete casos estudados em Cuiabá (DUARTE, A.; DUARTE, D., 1998)**

Resumindo-se os resultados das medições, a Figura 3 apresenta as médias das temperaturas registradas às 8 h, 14 h e 20 h nas duas estações, e as diferenças médias de temperatura em relação ao caso mais crítico, com as temperaturas mais elevadas (posto Morro da Luz). Porém, cabe lembrar que, dentre as 392 observações de temperatura do ar, ocorreram diferenças pontuais de até 7ºC em alguns horários.

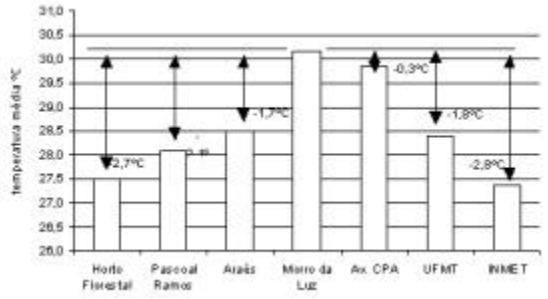


Figura 3 – **Média das temperaturas registradas às 8 h, 14 h e 20 h, nas duas estações, e diferenças médias de temperatura em relação ao caso mais crítico, o Morro da Luz**

Quantificação das variáveis de ocupação do solo

As variáveis de ocupação utilizadas – taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento bruto, ou seja, considerando a largura das ruas e os espaços abertos, descrevem fisicamente o padrão de ocupação do solo de uma determinada área urbana e também quantificam a *densidade construída*, preferida hoje pelos pesquisadores da área por sua relação causal mais forte com os fenômenos de aquecimento urbano. Foram testadas também as variáveis referentes aos elementos naturais, que são a *arborização* (área da projeção horizontal das copas das árvores) e as *superfícies d'água.*

Analisando-se as fotos aéreas e de rua juntamente com um mapa topográfico, e fazendo-se aproximações sucessivas nos sete locais estudados, foi estabelecida uma área de 25 ha no entorno de cada ponto de medição escolhido para as medições de microclimas urbanos (Figura 4); as áreas são irregulares e o fator determinante para a delimitação do entorno foi a homogeneidade do padrão de ocupação, já que não havia diferenças topográficas significativas. Dentro desses limites foram quantificadas as quatro variáveis relativas à ocupação. As projeções das áreas foram quantificadas em fotos aéreas e essas informações foram complementadas pelo cadastro imobiliário onde foi possível e pela pesquisa de rua com documentação fotográfica, anotações em mapas e tabelas.



Figura 4 – **Quantificação das variáveis de ocupação na área do Morro da Luz (foto: Esteio Engenharia e Aerolevantamentos, 1998)**

Correlações encontradas

A correlação já fica visível quando se sobrepõem as variáveis que caracterizam a ocupação com a temperatura do ar média na estação seca e na estação chuvosa para cada caso estudado, conforme a Figura 5. Os resultados mostraram que, em ambas as estações, com as variáveis referentes ao espaço construído, o coeficiente de correlação médio ($r_{médio}$) foi sempre positivo em relação à temperatura do ar, sendo mais alto às 8 h e às 20 h (com $r_{médio}$ para taxa de ocupação variando de 0,57 a 0,81 e $r_{médio}$ para coeficiente de aproveitamento variando de 0,63 a 0,87), refletindo a maior influência do espaço construído no período noturno, o que concorda com a teoria existente. Às 14 h, as maiores trocas por convecção explicam a menor correlação entre o espaço construído e a temperatura do ar (com $r_{médio}$ para taxa de ocupação variando de 0,22 a 0,53 e $r_{médio}$ para coeficiente de aproveitamento variando de 0,32 a 0,63). Já com as variáveis referentes à arborização e superfícies d'água, o coeficiente de correlação médio foi sempre negativo em relação à temperatura do ar e parece se comportar de maneira mais ou menos uniforme nos três horários, com $r_{médio}$ = -0,4 para arborização e $r_{médio}$ = -0,37 para superfícies d'água. Como o número de amostras é pequeno, os valores acima indicam uma tendência, mas não se pode ainda fazer afirmações mais gerais.

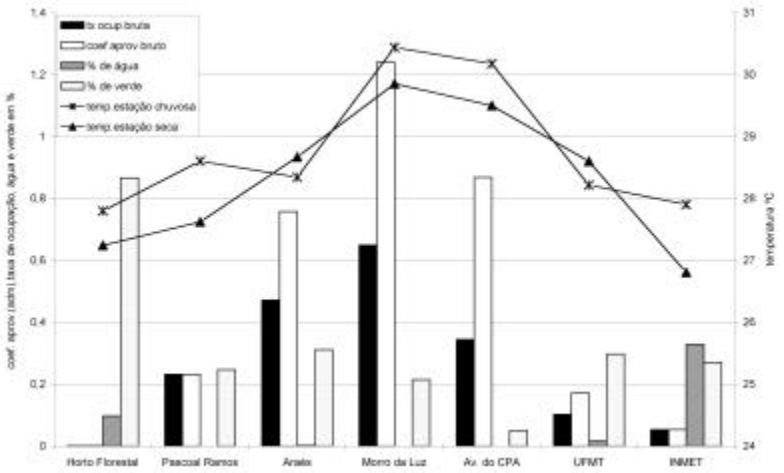


Figura 5 - **Taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, percentagem de superfícies d'água e de arborização brutos versus média das temperaturas registradas às 8 h, 14 h e 20 h durante as estações seca e chuvosa**

Tendo em vista a correlação encontrada e os estudos existentes recomendando a distribuição da área verde em pequenos espaços espalhados por toda a cidade, ao invés de um único parque com maiores proporções, propõe-se, então, um indicador relacionando densidade construída, arborização e superfícies d'água para ser aplicado em áreas urbanizadas.

Ao invés de se contabilizar a área verde em função do tamanho da população como usualmente se faz, seria mais interessante determinar esse parâmetro em função da densidade construída para cada bairro ou zona da cidade, mantendo como critério de uniformidade a homogeneidade do padrão de ocupação. Do ponto de vista do conforto térmico e da poluição do ar, o índice área verde/habitante pode não significar muita coisa. Mesmo que ele seja elevado, essa área verde pode estar concentrada em apenas um ou em alguns pontos, oferecendo pouca ou nenhuma vantagem para a população.

> *The effects of plants on the climate in the built-up areas depend on the fraction of green areas, public as well as private, relative to the whole built-up urban area*[2] *(GIVONI, 1998, p.319)*

Um indicador em função da densidade construída parece mais adequado ao planejamento e, depois de calibrado, pode dar diretrizes para a proporção de vegetação e superfícies d'água desejáveis para a melhoria das condições de conforto no espaço construído. Dessa forma pode-se aferir se o verde está distribuído ou concentrado em alguns pontos na cidade e qual a sua proporção em relação à densidade construída. Essa proposta concorda com muitos autores que simularam a distribuição de vegetação em espaços urbanos, porque os benefícios microclimáticos e de filtragem da poluição do ar são muito localizados e se estendem apenas por algumas dezenas de metros, mesmo na periferia de grandes parques urbanos.

Indicador proposto

Sendo assim, na tentativa de se propor um indicador que representasse a proporção entre a densidade construída e os elementos naturais - água e vegetação arbórea, dividiu-se o produto taxa de ocupação x coeficiente de aproveitamento (variáveis que se referem ao espaço construído, com correlação positiva em relação à temperatura do ar) pela somatória das variáveis superfícies d'água e arborização (variáveis que se referem ao espaço natural, com correlação negativa em relação à temperatura do ar e que amenizam as condições climáticas desfavoráveis para o clima da região tropical continental).

$$I = \frac{\text{taxa ocup.} \times \text{coef.aprov.}}{\text{sup.água} + \text{arborização}} \qquad (1)$$

Seguindo esse raciocínio, podem ser feitas duas abordagens: com as variáveis líquidas, ou seja, representando a ocupação somente das quadras, ou brutas, englobando a área ocupada por ruas, parques, praças, etc. Do ponto de vista climático é mais interessante trabalhar com valores brutos, pois para o clima não interessa se área verde é

[2] Os efeitos das plantas no clima nas áreas construídas dependem da fração de áreas verdes, públicas e privadas, relativa a toda a área urbana construída.

publica ou privada, mais isso vai fazer diferença na hora da implementação das medidas de intervenção e controle.

Esse índice deve ser testado para outros casos para que se possa fazer qualquer proposição mais abrangente, incorporando novas variáveis. Nesta proposta a intenção foi trabalhar com variáveis familiares ao planejamento e que fossem relativamente fáceis de se quantificar, facilitando a sua aplicação. Neste estudo as variáveis foram quantificadas em áreas de ocupação mais ou menos homogêneas de 25 ha, mas, como os valores são percentuais, pode-se usar outras dimensões, o que importa é a homogeneidade do padrão de ocupação.

Se o índice usasse só a taxa de ocupação, não levaria em conta a verticalização dos edifícios. Usando o coeficiente de aproveitamento, computa-se a área total construída. Porém, se fosse usado só o coeficiente de aproveitamento isso poderia significar a ocupação total do solo e manter uma alta densidade horizontal, com edifícios baixos; sendo que Assis (1990), usando o exemplo de Belo Horizonte, já havia demonstrado que em áreas verticalizadas, mas com maior área livre, as condições de conforto térmico são melhores do que em áreas horizontais com maior taxa de ocupação. Essa recomendação também concorda com o trabalho de Bittencourt et al. (1997 e 2000) e Givoni (1998). Se a legislação brasileira, pressionada pelo aumento da densidade habitacional urbana pretendida pelos planos diretores mais recentes, incentivar a construção em altura em determinados locais, com taxas de ocupação mais baixas, e recuos e afastamentos adequados, levará a um aumento da porosidade do espaço construído e de áreas livres para arborização e lazer dos moradores. O microclima urbano é apenas um dos fatores que vai determinar se é conveniente verticalizar ou não; isso também depende de outros fatores, tais como a disponibilidade de infra-estrutura urbana. Segundo Bittencourt, em tese, alta densidade de edifícios baixos com gabarito uniforme pode provocar uma redução drástica (quase estagnação) na velocidade do vento na altura dos pedestres, dependendo do grau de adensamento (informação verbal).

A escola alemã de climatologia urbana tem a tradição de mapear as chamadas trajetórias locais de vento para antecipar futuras conseqüências da ocupação da cidade e, assim, determinar verdadeiros corredores de vento que devem permanecer desobstruídos para a melhoria das condições de conforto ou para a dispersão de poluentes. Nessas áreas, a arborização é mantida para produção de ar limpo e fresco. Os resultados são usados pela administração municipal e são levados em consideração nas decisões políticas (KATZSCHNER, 1997).

Porém, de acordo com Silva (1999), não se pode estender os resultados de estudos de ventilação para outros locais; os escoamentos, a orografia e a rugosidade podem ser diferentes, e os resultados dependem das condições locais de ventilação, da configuração de ocupação do solo, etc. Mesmo não podendo aplicar diretamente os resultados existentes para as cidades da região tropical continental, há indícios de que a solução de aumentar o afastamento entre os edifícios para a criação de amplas áreas verdes distribuídas no espaço construído seria mais indicada do que adensá-los. Seria interessante ainda que esses edifícios tivessem altura variável, o que também é recomendado por Givoni (1998) e Rogers e Gumuchdjian (1997). Isso facilita o desvio de parte do fluxo do vento que atinge os edifícios para baixo, favorecendo a circulação do ar na altura dos pedestres. A adoção de pilotis também ajuda o escoamento do vento por entre os edifícios. Em áreas de ocupação densa, se todos os edifícios tiverem aproximadamente a mesma altura, o nível das coberturas passa a funcionar como se fosse o nível do solo, e o escoamento do vento acontece principalmente nessa nova superfície. Bittencourt et al. (1997) lembram que os recuos maiores, além de facilitar a circulação do vento na área urbana, aumentam o potencial de uso da iluminação natural, reduzindo a carga térmica da iluminação artificial.

Pelo indicador sugerido, se a taxa de ocupação for igual a um (100%), na verdade a área total construída está sendo dividida pela área ocupada por água e sombreada pela arborização; se a taxa de ocupação for menor que um, mais áreas livres estão disponíveis para arborização no terreno, e menor vai ser o índice. Teoricamente o limite superior do indicador proposto é infinito, já que mesmo ocupando 100% dos terrenos pode-se construir em altura até onde a técnica e a legislação municipal permitirem. Esse é um índice de valoração, inverso às condições de conforto higrotérmico pretendidas para o clima da região e que permite uma comparação entre os diversos padrões de ocupação. As medições de temperatura do ar foram consideradas na elaboração do índice porque determinaram o sinal da correlação com cada variável envolvida e porque permitem comparar o índice de cada local com os microclimas encontrados, como sugerido na Figura 6.

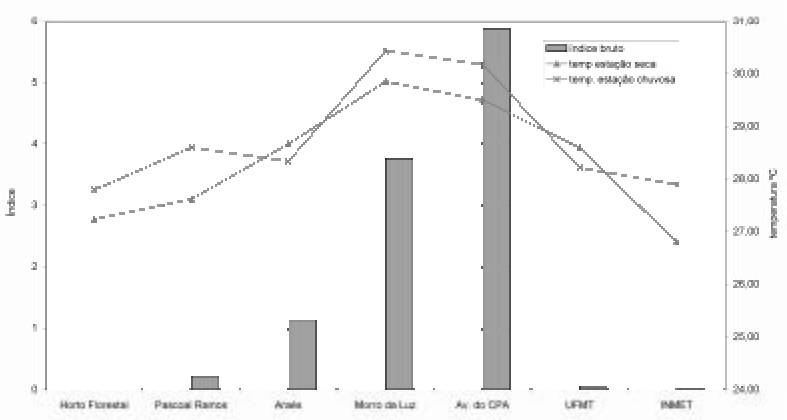


Figura 6 – **Índice calculado para os sete casos estudados em Cuiabá versus a média das temperaturas registradas às 8 h, 14 h e 20 h nas estações seca e chuvosa**

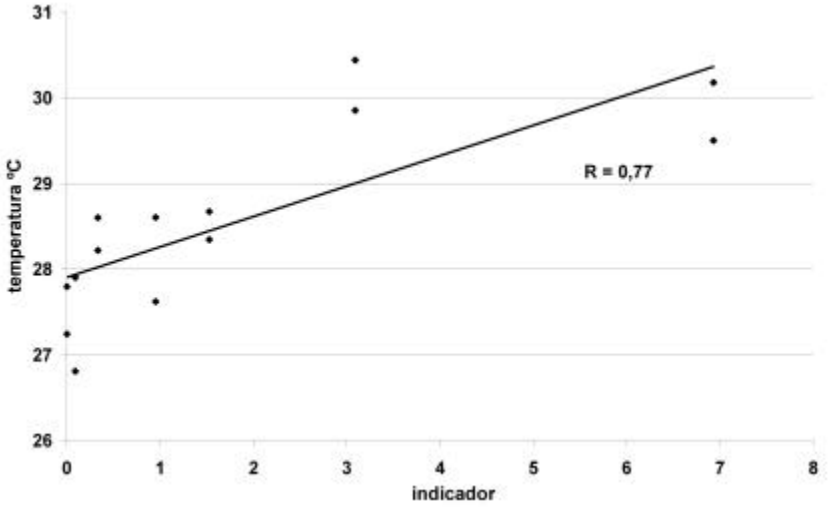


Figura 7 – **Dispersão entre o indicador proposto e a média das temperaturas registradas nas duas estações**

Exemplo de aplicação do índice para sete casos estudados em Cuiabá

Para os sete casos estudados em Cuiabá, os resultados encontrados são apresentados nas Figuras 6 e 7, sempre trabalhando com valores brutos para todas as variáveis envolvidas. Desses locais, o ambiente mais próximo das condições naturais é o Horto Florestal que, obviamente, apresenta um índice próximo de zero; no entorno do INMET a ocupação também é bastante rarefeita, às margens do Rio Cuiabá; o campus da UFMT tem baixa densidade de ocupação, já os demais locais são bastante urbanizados.

Não se pode afirmar qual o índice recomendado antes da aplicação em outras áreas urbanas, em outras cidades com o mesmo tipo de clima, a fim de calibrar esse indicador. Mas, comparando-se o índice com as condições climáticas medidas em Cuiabá e analisando-se os três locais mais urbanizados, próximos ao centro da cidade, pode-se apenas sugerir o padrão de ocupação do Araés como um dos padrões adequados de ocupação que, neste caso em particular, é um padrão predominantemente horizontal, com edifícios de um ou dois pavimentos e com alguns edifícios altos isolados, mas com vegetação em abundância, apesar do bairro estar quase totalmente ocupado. Acredita-se que, da mesma forma, é possível encontrar outros padrões de ocupação termicamente confortáveis para as condições ambientais da região, mas com ocupação predominantemente vertical, desde que com menor

taxa de ocupação e com elementos naturais em determinada proporção ainda desconhecida.

A área do CPA apresenta um índice mais elevado porque tem edifícios altos, mas praticamente sem arborização. No entanto ainda são muitos os lotes vagos, e medidas específicas para esta área (e para as novas que devem surgir seguindo este mesmo padrão) poderiam ser adotadas visando ajustar a densidade construída à existência de água e/ou arborização necessárias à amenização do rigor climático local. A região do CPA ainda tem grande potencial para criação do que Givoni (1992) chama de *urban cool island*[3]; o local é um pouco mais alto do que o centro antigo, melhor servido por ventos, é uma das principais zonas de crescimento da cidade e ainda está em fase de expansão. A vegetação nativa não foi preservada, mas como ainda são muitos os lotes desocupados, a área deve ser arborizada enquanto é tempo, podendo chegar a um índice mais favorável mesmo com um padrão de ocupação vertical. Mesmo para a estação úmida, com os espaços entre os edifícios ocupados por áreas verdes ou corpos d'água, esse padrão não traria inconvenientes. A verticalização não é um mal, o problema é o desequilíbrio entre densidade construída e a presença de vegetação e corpos d'água. A legislação municipal exige os recuos, evitando a formação de um paredão que obstruiria a já escassa ventilação, mas falta a inclusão de espaços verdes de amenidade climática para contrabalançar o alto coeficiente de aproveitamento.

Já o centro antigo tem um índice mais baixo por causa da vegetação do Morro da Luz, que deve ser preservada, não só para melhoria das condições de conforto higrotérmico, mas para manter a identidade visual do lugar e a contenção da encosta. No centro velho restam pouquíssimos quintais arborizados, mas podem ser inseridos mais espaços verdes em lotes com antigas construções sem valor histórico que, pouco a pouco, vão sendo demolidas.

Posteriormente, por indução, o indicador foi aplicado para outros bairros próximos à área central de Cuiabá, quantificando-se a ocupação em locais delimitados em 25 ha, mesmo onde não foram medidos os microclimas. Bairros semelhantes ao Araés, de ocupação espontânea, e também próximos ao centro da cidade, tais como Lixeira e Poção, apresentam um índice I = 0,8 e 2,1 respectivamente, mesmo sendo bastante ocupados; o bairro Bandeirantes, que é mais recente e tem arruamento anterior às construções, segue outro padrão de ocupação, com alguns edifícios altos, resultando em um índice I = 4,1 (Figura 8).

Investigando a ocupação em bairros como Lixeira e Poção, identificam-se construções térreas muito antigas, com pouca arborização de rua, mas com muita área verde já consolidada em centro de quarteirão (Figura 8). Bairros antigos como esses têm grande potencial de renovação; quando isso acontecer, mais cedo ou mais tarde, essas áreas verdes domiciliares têm que ser protegidas e adaptadas às suas novas funções, e a mata de galeria remanescente nas margens dos córregos precisa receber melhor tratamento. Nesses bairros a arborização de grande porte e já consolidada ainda está presente, mas precisa de adaptação para enfrentar as mudanças que certamente virão, como já acontece no Araés, que vem sendo verticalizado nos últimos anos.

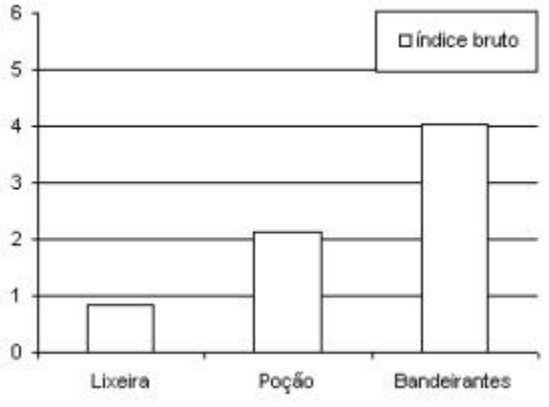


Figura 8 – **Índice calculado para os bairros Lixeira, Poção e Bandeirantes, em Cuiabá, e as áreas verdes em centro de quarteirão no bairro da Lixeira**

Utilidade, implementação e determinação do índice recomendado

A utilidade do índice para o planejamento é comparar o adensamento existente ou pretendido à existência de arborização e espelhos d'água em uma determinada proporção. Resta saber qual a proporção recomendada, mas para isso são necessários novos estudos. A partir da taxa de ocupação e do coeficiente de aproveitamento máximo permitidos, pode-se estabelecer uma proporção para áreas verdes e superfícies d'água recomendadas para amenização das condições climáticas locais, computando-se benefícios e custos. Em função dos padrões esperados de microclima, pode-se estabelecer padrões

[3] ilha de frescor urbana

adequados de ocupação, tendo sempre em mente as tradições culturais locais.

Em bairros antigos, com potencial de renovação, o índice pode ser usado para acompanhar o adensamento que certamente vai acontecer, com relação à manutenção da vegetação ainda existente em centro de quarteirão. Se no momento da renovação desses bairros a legislação municipal permitir a derrubada do verde existente no centro das quadras, formado por árvores de grande porte e já aclimatadas, o mínimo que ela pode exigir é a arborização em larga escala nas áreas públicas, o que com certeza seria muito mais dispendioso e demandaria tempo para que árvores jovens atingissem a maturidade da vegetação existente.

Para o meio ambiente urbano não interessa se área verde é pública ou privada, mas para a implementação das medidas é preciso estabelecer quem vai criar e manter essas áreas. Se a opção for arborizar os lotes privados, isso tem que ser exigido ou incentivado pela legislação municipal e novas construções têm que ser obrigadas a plantar e manter um determinado número de árvores nas calçadas ou nos lotes. Um exemplo de sucesso com participação da comunidade é a campanha *Sacramento Shade,* na Califórnia. O cidadão solicita a visita de um técnico que vai indicar como, onde e quantas árvores são necessárias para diminuir o consumo de energia no seu edifício. Como muitas dessas árvores são plantadas nas calçadas, acabam também beneficiando os pedestres, o microclima e qualidade do ar na cidade como um todo.

Outra possibilidade de aplicação é estabelecer um índice máximo para cada lote, para que a responsabilidade de plantio e manutenção seja dividida por todos, além de um índice máximo para áreas públicas do bairro, em princípio, de responsabilidade da administração municipal, mas que também podem ser mantidas em parceria com a iniciativa privada, como já acontece com sucesso há alguns anos nas praças e canteiros centrais da cidade de Cuiabá.

Para facilitar a aplicação do índice pela administração municipal talvez seja preciso também converter o parâmetro arborização, aqui representado pela área de projeção horizontal das copas das árvores em número de árvores adultas, com um mínimo de altura ou de diâmetro do tronco, além de especificar as espécies mais adequadas, de copas altas e largas, que propiciam maior sombreamento e não obstruem a ventilação na altura dos ocupantes. O monitoramento poderia ser feito por fotos aéreas ou de satélite com alta resolução.

Para se chegar ao valor do índice recomendado, são necessárias medições de microclimas em outras localidades para se formular proposições mais amplas. Quando calibrado, esse índice pode representar uma faixa de equilíbrio entre densidade construída e elementos naturais: quanto maior o índice, maior a desproporção entre os dois. Oke (1973b) analisou o caso de Montreal como uma série de células frias e quentes; as células frias são evidentes se a velocidade do vento é inferior a 5 m/s e estão associadas a grandes parques urbanos. Outro oásis urbano foi observado em uma grande árvore isolada em um ambiente hostil em uma rua na área central da cidade. Oke chegou à conclusão que, quando se tem uma área com 20% da superfície verde, a energia radiante é utilizada predominantemente nos processos de evapotranspiração, e não para aquecer o ar.

Do ponto de vista climático, o uso de vegetação tem duas vantagens: primeiro, o sombreamento, segundo, o resfriamento indireto do ar por evapotranspiração das folhas. Segundo estudos do *Heat Island Group,* uma única árvore de grande porte em terreno irrigado pode evapotranspirar até 40 galões de água em um dia (cerca de 151,42l), o que compensaria o calor produzido por 100 lâmpadas de 100W, acesas durante 8 h/dia (ROSENFELD et al., 1997). O *Heat Island Group* também apresenta as vantagens do plantio de árvores para melhorar a qualidade do ar, e defende o plantio de árvores na cidade, mais do que nas florestas.

Considerações finais

É preciso deixar claro que em momento algum está se propondo a anti-cidade, e sim, modelos de ocupação urbanos, sejam eles horizontais ou verticais, desde que sejam adequados às condições de conforto higrotérmico da região.

Para médias e grandes cidades a verticalização é irreversível. Porém, apesar dos avanços dos últimos anos, muitas questões ainda estão sem resposta. O estabelecimento de parâmetros para adensamento e verticalização, por exemplo, ainda são pontos polêmicos entre os pesquisadores (DUARTE, 2001). Em Porto Alegre, essa questão ainda não foi resolvida pela proposta do novo Plano Diretor. Em Curitiba, considerada um exemplo em todo o mundo, a verticalização é incentivada nos eixos com maior infra-estrutura, mas fica restrita a esses locais. De acordo com o IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento

Urbano de Curitiba, essa verticalização é que permitiu a criação de tantos parques e áreas verdes na cidade. Um dos pontos de revisão da nova lei de zoneamento e uso do solo de Curitiba, que entrou em vigor em abril de 2000, foi garantir maior área de afastamento para as edificações, evitando a formação de áreas de sombra e melhorando as condições de insolação e ventilação em regiões da cidade onde há adensamento excessivo. Em São Francisco, Califórnia, por ocasião de uma das revisões do *1971 Urban Design Plan,* ficou estabelecido que novos edifícios de escritórios na área comercial estavam obrigados a prever um espaço aberto proporcional à sua área, assim como contribuir com aproximadamente US$22/m^2 de área construída para um fundo destinado à manutenção de parques urbanos (MACRIS; WILLIAMS, 1999).

O indicador proposto também não é contrário à maior densidade, pretendida por muitos planos diretores nas cidades brasileiras para reduzir os custos de infra-estrutura e serviços, e pregada por arquitetos como Richard Rogers (ROGERS; GUMUCHDJIAN, 1997; ROGERS, 1999; ROGERS; POWER, 2000) para reduzir deslocamentos e consumo de energia; pode-se aumentar taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento desde que aumente também a proporção de corpos d'água e vegetação, a idéia é equilibrar a maior densidade construída com os elementos naturais. Isso é viável exigindo-se uma determinada área verde por lote e permitindo a construção em altura quando possível.

Observando-se a cidade do alto, uma área ainda não ocupada para o especulador imobiliário é apenas um espaço vazio para ser ocupado; para o climatologista e o planejador urbano são áreas que ainda podem ser desapropriadas para viabilizar as intervenções necessárias.

Pelos motivos expostos, tudo indica que essa relação entre densidade construída, arborização e superfícies d'água em áreas urbanizadas é válida, mas ainda precisa ser testada em outros estudos de caso.

Referências

ASSIS, E.S. Bases teóricas para a Aplicação da climatologia ao planejamento urbano. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais**... Salvador: ANTAC, 1997. p. 134-139.

_____. **Impacto da forma urbana na mudança climática**: método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano. 2000. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

_____. **Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor urbana**: análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical. 1990. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

BITTENCOURT, L.S. et al. A influência da relação entre taxa de ocupação X nº de pavimentos no potencial de ventilação natural dos ambientes internos e externos. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais**... Salvador: ANTAC, 1997. p. 102-106.

_____. O efeito da verticalização das edificações na ventilação natural do tecido urbano: o caso da orla marítima de Maceió. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais**... Salvador: ANTAC, 2000.

DUARTE, D. A inclusão de questões relacionadas aos microclimas urbanos nas regulamentações municipais no Brasil. **Sinopses**, São Paulo, v. 36, p. 24-34, out. 2001. Especial Tecnologia.

_____. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental**. 2000. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

DUARTE, D.; SERRA, G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos. **Téchne**, São Paulo, n. 64, p. 46-49, 2002.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. New York: John Wiley, 1998.

_____. Climatic aspects of urban design in tropical climates. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 26B, n. 3, p. 397-406, 1992.

_____. Impact of planted areas on urban environmental quality: a review. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 25B, n. 2, p. 289-299, 1991.

GONÇALVES, W. **Padrões de assentamento de áreas verdes municipais**: uma visão crítica. 1994. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de

Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

HONJO, T.; TAKAKURA, T. Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrounding areas. **Energy and Buildings**, Lausanne, n. 15-16, p. 443-446, 1990/91.

HOUGH, M. **Naturaleza y ciudad**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2000**: resultados do universo. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 30 jul. 2003.

KATZSCHNER, L. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais**... Salvador: ANTAC, 1997. p. 49-58.

LOMBARDO, M. **Qualidade ambiental e planejamento urbano**: considerações e métodos. 1995. Tese (Livre-docência em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

MACRIS, D.; WILLIAMS, G. **San Francisco's Downtown Plan**: Landmark Guidelines Shape City's Growth. 1999. Disponível em <www.spur.org/downtown.html>. Acesso em: 27 out. 1999.

MAITELLI, G. **Abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental**: o exemplo de Cuiabá, MT. 1994. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MENNEH, M.; COELHO, A.M. Características do sistema de parques públicos urbanos da cidade de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais**... Salvador: ANTAC, 2000.

MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: USP, 1976. (Série Teses e Monografias, n. 25).

OKE, T.R. Canyon Geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, New Jersey, v. 1, p. 237-254, 1981.

_____. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 7, p. 769-779, 1973a.

_____. Evapotranspiration in urban areas and its implications for urban climate planning. In: CONFERENCE TEACHING THE TEACHERS ON BUILDING CLIMATOLOGY, 1973, Stockholm, **Proceedings**… Stockholm: The National Swedish Institute for Building Research, 1973b. v. 2.

OKE, T.R. et al. The energy balance of central Mexico City during the dry season. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 33, p. 3919-3930, 1999.

ROGERS, R. (Chairman). **Towards an Urban Renaissance**: Final Report of the Urban Task Force. London: DETR - Department of the Environment, Transport and the Regions of London, E & FN SPON, 1999.

ROGERS, R.; GUMUCHDJIAN, P. (Ed.). **Cities for a small planet**. London: Faber and Faber, 1997.

ROGERS, R.; POWER, A. **Cities for a small country**. London: Faber and Faber, 2000.

ROSENFELD, A. et al. **Painting the Town White and Green**. LBL. Heat Island Group, 1997. Disponível em: <http://eetd.lbl.gov/HeatIsland/PUBS/PAINTING>. Acesso em: 8 jun. 2000.

SAMPAIO, A.H.L. **Correlações entre o uso do solo e ilhas de calor no ambiente urbano**: o caso de Salvador. 1981. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

SILVA, F.A.G. **O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído**: uma aplicação do nordeste do brasil. 1999. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SPIRN, A.W. **O jardim de granito**. São Paulo: EDUSP, 1995.

TAHA, H. **Night time air temperature and the sky-view factor**: a case study in San Francisco, California. Berkeley CA, Lawrence Berkeley Laboratory, 1988. (LBL- 24009).

Agradecimentos

Agradecimentos à FAPESP pelo apoio dado a esta pesquisa.