

PADRÕES DE OCUPAÇÃO DO SOLO E MICROCLIMAS URBANOS NA REGIÃO DE CLIMA TROPICAL CONTINENTAL

Denise Duarte, Geraldo Gomes Serra

Universidade de São Paulo / Faculdade de Arquitetura e Urbanismo / NUTAU
Rua do Lago, 876 Cidade Universitária 05508-900 São Paulo – SP Brasil
tel.: 55 11 3818-4571 fax: 55 11 3818-4539 dhduarte@terra.com.br gegserra@usp.br

RESUMO

O objeto deste trabalho são os microclimas urbanos nas cidades brasileiras na região de Clima Tropical Continental. Tendo em vista a correlação medida por DUARTE (2000) entre a temperatura do ar e algumas variáveis familiares ao planejamento urbano que podem ser regulamentadas pela legislação municipal, propõe-se um parâmetro 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.

ABSTRACT

The subject of this paper is the urban microclimate in cities of the Brazilian Continental Tropical Region. Keeping in mind the correlation measured by DUARTE (2000) between air temperature and variables which are familiar to urban planning strategies and that can be controlled by municipal regulations, this work suggests an index relating *built density*, *trees* and *water* in urban environments, aiming to guide the procedures to ameliorate the urban harsh climate in that region.

1 INTRODUÇÃO

O trabalho de DUARTE (2000) mediu a correlação 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, e em três faixas de horário, mostrando a existência de fenômenos climáticos urbanos diferenciados para o período diurno e noturno. Os resultados mostraram que, em ambas as estações, com as variáveis referentes ao espaço construído, o coeficiente de correlação médio foi sempre positivo em relação à temperatura do ar, sendo mais alto às 8h e às 20h (com $r_{\text{médio}}$ para taxa de ocupação variando de 0,57 a 0,81 e $r_{\text{médio}}$ 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 14h as maiores trocas por convecção explicam a menor correlação entre o espaço construído e a temperatura do ar (com $r_{\text{médio}}$ para taxa de ocupação variando de 0,22 a 0,53 e $r_{\text{médio}}$ 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 $r_{\text{médio}} = -0,4$ para arborização e $r_{\text{médio}} = -0,37$ para superfícies d'água.

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 um parâmetro 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. O índice *área verde/habitante* não faz o menor sentido em algumas cidades, como as que ficam no

meio da floresta, por exemplo. Do ponto de vista do conforto térmico e da poluição do ar esse índice pode não significar nada. Mesmo que esse índice 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.*” (GIVONI, 1998, p.319)

Um parâmetro desse tipo 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 higrotérmico humano 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.

2 REVISÃO DOS PRINCIPAIS AUTORES

GIVONI (1991 e 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. Givoni sugere que, 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 adequados. Os parques urbanos também podem atuar como elementos de ligação entre bairros, compartilhando equipamentos e serviços. Givoni ainda lembra que, 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 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). 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 pontilhado, 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 o menor 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 que a população usufrui.

MENNEH e COELHO (2000) mostram a distribuição irregular das áreas verdes na cidade de São Paulo que hoje, em média, é de 3,65m²/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 e/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 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, e nem por isso a cidade é termicamente desconfortável. Já em regiões predominantemente quentes e úmidas o incremento de superfícies d'água não é necessário nem desejável; nesse caso o rigor climático é melhor 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.

3 PARÂMETRO PROPOSTO

Sendo assim, na tentativa de se propor um parâmetro 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.

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 pública ou privada, mais isso vai fazer diferença na hora da implementação das medidas. 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 obter, facilitando a sua aplicação. Neste estudo as variáveis foram quantificadas em áreas de ocupação mais ou menos homogêneas de 25ha mas, como os valores são percentuais, posso usar outras dimensões; o que importa é a homogeneidade do padrão de ocupação.

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

Se o índice usasse só a taxa de ocupação, não levaria em conta a verticalização dos edifícios. Usando o coeficiente de aproveitamento, computo a área total construída; mas, se usasse só o coeficiente de aproveitamento isso poderia significar ocupar todo o solo e manter uma alta densidade horizontal, com edifícios baixos, e já foi demonstrado por ASSIS (1990), usando o exemplo de Belo Horizonte, 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). Sob a pressão do aumento da densidade habitacional pretendida pelos planos diretores mais recentes nas cidades brasileiras, se a legislação incentivar a construção em altura em determinados locais, mas com taxas de ocupação mais baixas e recuos mínimos obrigatórios, isso aumenta a porosidade do espaço construído e aumentam as áreas livres no nível da rua, disponíveis para arborização e para lazer dos moradores. E 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 teoria, alta densidade de edifícios baixos com gabarito uniforme podem provocar uma redução drástica (quase estagnação) na velocidade do vento na altura dos pedestres, dependendo do grau de adensamento. VILLAS BOAS (1998) sugere ainda a distribuição dos parques dentro da área urbana, para permitir a recuperação de parte do padrão do vento existente antes de atingir os obstáculos na cidade. A escola alemã de climatologia urbana tem a tradição de mapear as chamadas vias aéreas (fluxos predominantes 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 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). Isso facilita o desvio de parte do fluxo do vento que atinge os edifícios para baixo, favorecendo a circulação do ar no nível da rua, na altura dos pedestres. A adoção de pilotis vazados também ajuda o escoamento do vento por entre os edifícios no nível da rua. 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 (1997) lembra 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 índice sugerido, se a taxa de ocupação for igual a 1 (100%), na verdade estou dividindo área total construída por área ocupada por água e sombreada pela arborização; se a taxa de ocupação for menor que 1, mais áreas livres estão disponíveis para arborização no terreno, e menor vai ser o índice. Teoricamente o limite superior do índice proposto é infinito, já que mesmo ocupando 100% dos terrenos posso 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 1.

3.1 Exemplo de aplicação do índice para sete casos estudados em Cuiabá

Para os sete casos estudados em Cuiabá: Horto Florestal, Pascoal Ramos, Araés, Morro da Luz, Av. do CPA, campus da UFMT e entorno do INMET (DUARTE, 2000), os resultados encontrados são apresentados na figura 1, sempre trabalhando com valores brutos para todas as variáveis envolvidas. Cabe lembrar que esse índice só é válido para áreas urbanas. Desses locais o ambiente mais próximo das condições naturais é o Horto Florestal, que apresenta um índice próximo de zero, e, portanto não é considerado como padrão de ocupação possível porque não é urbano; no entorno do INMET a ocupação também é bastante rala, às margens do Rio Cuiabá; já os demais locais são bastante urbanizados.

Não se pode afirmar qual o índice recomendado antes da aplicação para outras áreas urbanas, em outras cidades com o mesmo tipo de clima, a fim de calibrar esse parâmetro. Mas, comparando o índice com as condições climáticas medidas em Cuiabá, e analisando 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 elementos naturais 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.

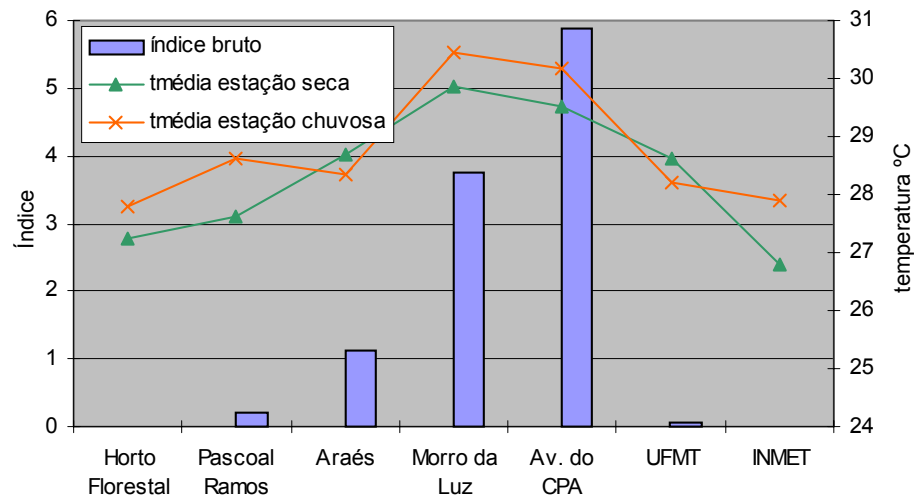


Figura 1 – Índice calculado para os sete casos estudados em Cuiabá.

A área do CPA apresenta um índice mais elevado porque tem muitos 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*; 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. *“At a given density level, the best urban climate conditions exists in a hot-humid climate when that density is obtained with high narrow buildings ('towers'), placed as far apart from each other as is consistent with the given density. Such a configuration provides the best ventilation conditions for the given urban section as a whole, and especially for the occupants of the buildings.”* (GIVONI,1992)

Em Cuiabá o padrão de ocupação do CPA é uma das tendências de ocupação para as novas áreas; acredita-se que a verticalização não seja um mal em si, o problema é o desequilíbrio da densidade construída com a 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.

Por indução o índice foi aplicado para outros bairros próximos à área central de Cuiabá, quantificando-se a ocupação em locais delimitados em 25ha, 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 $I = 4,1$ (fig.2).

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 (fig.2). 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 vão acontecer, como já acontece no Araés, que vem sendo verticalizado nos últimos anos.

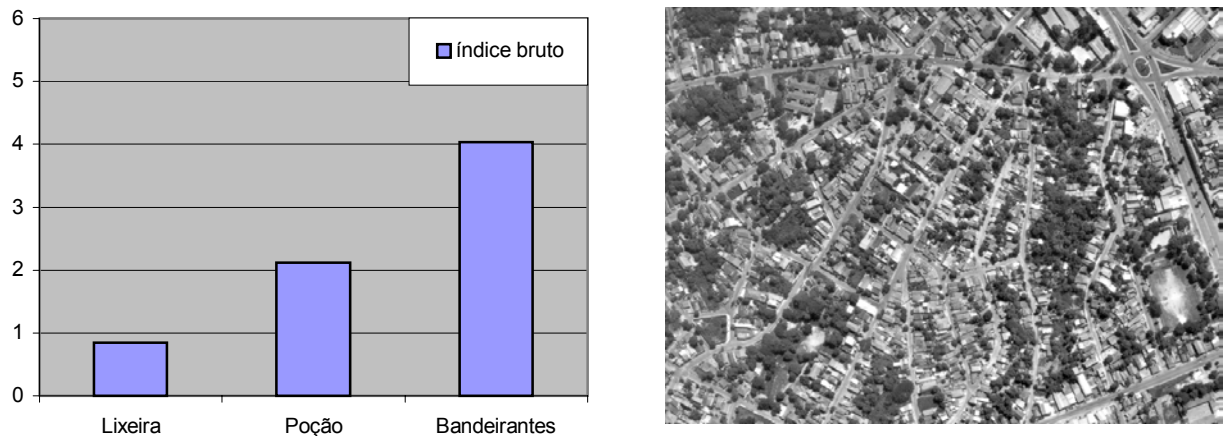


Figura 2 – Índice calculado para os bairros Lixeira, Poção e Bandeirantes, em Cuiabá, e as áreas verdes em centro de quarteirão no bairro da Lixeira. (foto: Esteio Eng. e Aerolevantamentos)

3.2 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 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 (como já vem sendo feito em Curitiba e em Cuiabá) 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 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 caule, 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 (1973) 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 5m/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*,¹ uma única árvore de grande porte em terreno irrigado pode *evapotranspirar* até 40 galões de água em um dia (151,42l), o que compensaria o calor produzido por 100 lâmpadas de 100W, acesas durante 8h/dia (ROSENFELD *et al.* [s.d.]). 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.

4 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. Como concluiu Clovis Ultramari,² organizador da *IV Internacional Ecocity Conference*, realizada em Curitiba, em abril de 2000, não se pode mais falar em desencanto com o espaço urbano. O conceito anti-cidade não existe mais; as soluções tem que ser buscadas dentro ambiente urbano, buscando situações de equilíbrio. 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. 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 IPPUC³ 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 US\$2.00 por pé quadrado de área construída para um fundo destinado à manutenção de parques urbanos (MACRIS e WILLIAMS, 1999).

O índice 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 movimentos como *Ecocity Builders* e *New Urbanism* para reduzir deslocamentos e consumo de energia; posso 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 uma determinada área verde por lote, e permitindo a construção em altura quando necessário.

¹ <http://eetd.lbl.gov/HeatIsland/PUBS/PAINTING>

² informação verbal.

³ <http://www.ippuc.pr.gov.br>

Observando 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. Seria interessante desenvolver novos estudos que permitam a avaliação da necessidade de áreas livres, visando preencher funções específicas das áreas urbanas. Pelos motivos expostos parece que essa relação entre densidade construída, arborização e superfícies d'água para ser aplicada em áreas urbanizadas é válida, mas ainda precisa ser testada em outros estudos de caso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, Eleonora Sad de. *Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor urbana: análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical*. Rio de Janeiro, 1990. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – FAU/UFRJ.
- ASSIS, Eleonora Sad de. *Impacto da forma urbana na mudança climática: método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano*. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado em Arquitetura) - FAUUSP.
- BITTENCOURT, Leonardo Salazar *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: IV ENCAC, 1997, Salvador. *Anais*. Salvador:FAUUFBA/LACAM-ANTAC,1997.p.102-106.
- BITTENCOURT Leonardo Salazar *et al.* O efeito da verticalização das edificações na ventilação natural do tecido urbano: o caso da orla marítima de Maceió. In: VIII ENTAC, 2000, Salvador. *Anais em CD-ROM*. Salvador: ANTAC, 2000.
- DUARTE, Denise. *Padrões de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos na Região de Clima Tropical Continental*. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado em Arquitetura) – FAUUSP.
- GIVONI, Baruch. Impact of planted areas on urban environmental quality: a review. *Atmospheric Environment*, v.25B, n.2, p.289-299, 1991.
- GIVONI, Baruch. Climatic aspects of urban design in tropical climates. *Atmospheric Environment*, v.26B, n.3, 1992, p.397-406.
- GIVONI, Baruch. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- GONÇALVES, Wantuelfer. *Padrões de Assentamento de Áreas Verdes Municipais - uma visão crítica*. São Paulo, 1994. Tese (Doutoramento). FAUUSP.
- HONJO, T., TAKAKURA, T. Simulation of thermal effects of urban green reas on their surrounding areas. *Energy and Buildings*, n.15-16, 1990/91, p.443-446.
- KATZSCHNER, Lutz. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: IV ENCAC, 1997, Salvador. *Anais*. Salvador: FAUUFBA/LACAM-ANTAC, 1997. p. 49-58.
- LOMBARDO, Magda. *Qualidade Ambiental e Planejamento Urbano: considerações e métodos*. São Paulo, 1995. Tese (Livre-docência). FFLCH-GEO/USP.
- MACRIS, Dean, WILLIAMS, George. *San Francisco's Downtown Plan: Landmark Guidelines Shape City's Growth*. August, 1999. In: www.spur.org/downtown.html
- MENNEH, Márcia., COELHO, Ana Maria. Características do sistema de parques públicos urbanos da cidade de São Paulo. In: VIII ENTAC, 2000, Salvador. *Anais CD-ROM*. Salvador: ANTAC, 2000.
- OKE, T.R. Evapotranspiration in urban areas and its implications for urban climate planning. In: Conference Teaching the Teachers on Building Climatology. *Proceedings*. The National Swedish Institute for Building Research, v.2, 1973.
- ROSENFELD, Arthur *et al.* *Painting the Town White and Green*. LBL. Heat Island Group. [s.d.] In: <http://eetd.lbl.gov/HeatIsland/PUBS/PAINTING>
- SILVA, Francisco A. Gonçalves da. *O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído. Uma aplicação do nordeste do Brasil*. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado) – FAUUSP.
- SPIRN, Anne Whiston. *O jardim de granito*. São Paulo: EDUSP, 1995.
- VILLAS BOAS, Márcio. Environmental criteria and design principles for a new community in Brasilia. In: Environmentally Friendly Cities. *Proceedings of PLEA '98*. Lisbon: James and James, 1998, p.137-140.