



# SIGNIFICADO AMBIENTAL-ENERGÉTICO DA ARBORIZAÇÃO URBANA

■ Juan José Mascaró

*“Plantar árvores é uma estratégia atrativa tanto para a poupança de dinheiro, através da eficiência energética, como para melhorar a qualidade de vida das áreas urbanas” (U.S. Department of Energy, 2000)*

## INTRODUÇÃO

Os verões, a cada ano mais quentes, podem custar dinheiro à prefeitura local porque o aumento de temperatura em áreas urbanas impacta diretamente nos custos de energia elétrica. Em cidades com mais de

*Os ambientes urbanos são significativamente mais quentes que os rurais, um fenômeno conhecido como “ilha de calor”. As temperaturas urbanas têm aumentado em média entre 1,1°C e 2,2°C nos últimos 40 anos. Dos métodos disponíveis e eficientes para diminuir a demanda urbana por energia elétrica, o uso de árvores e superfícies de alto albedo são os mais recomendados. Estudos realizados informam valores de sombreamento e desempenho ambiental das espécies arbóreas usadas em Porto Alegre, RS, verificando a importância de sua presença para uma boa ambiência urbana na região. Através de medições ambientais de ruas arborizadas e secas (sem arborização), foram obtidos valores de eficiência da vegetação urbana como sombreamento adequado da insolação de verão. Além disso, quando a espécie arbórea é escolhida corretamente, permite a passagem da radiação solar no inverno, possibilitando o uso da calefação passiva nas edificações.*

100.000 habitantes, o pico da demanda utilitária aumenta 1,5% a 2% para cada 0,6° C de aumento de temperatura (UNITED STATES, 2000). As temperaturas urbanas, nas cidades brasileiras, têm aumentado em média entre 1,1°C e 2,2°C nos últimos 40 anos, o que significa que as cidades estão pagando para se manter frescas no verão (IBGE, 2002).

Dos métodos disponíveis e eficientes para diminuir a demanda urbana por energia elétrica, o uso de árvores e superfícies de alto albedo é frequentemente mencionado como os mais adequados na bibliografia sobre o tema. Os materiais de construção que têm superfície de albedo alta são mais refletivos à radiação solar (cores claras) e podem reduzir grandemente a carga de refrigeração da edificação. Mas o foco central desta questão está no uso de árvores como a melhor alternativa para resfriar as áreas urbanas, convivendo em harmonia com os equipamentos e as infra-estruturas existentes e contribuindo para a composição estética dessa paisagem.

## INSOLAÇÃO URBANA E SUAS CONSEQUÊNCIAS

Os ambientes urbanos são significativamente mais quentes que os

■ Faculdade de Engenharia e Arquitetura da  
Universidade de Passo Fundo – RS  
arqmascaro@terra.com.br

rurais, um fenômeno conhecido como “ilha de calor”. A diferença de temperatura entre as áreas rurais e urbanas varia entre valores pequenos : 1,1°C a 4,4°C em St. Louis, Missouri, a 5,6° C na cidade de New York e até 10°C na cidade de México (UNITED STATES, 2000). Em dias quentes de verão, a diferença entre a temperatura do ar, no centro de Porto Alegre, RS, e sua periferia, chega a 4°C, e até 7°C na cidade de Novo Hamburgo, RS (MASCARÓ, 2002).

Além disso, os verões mostram sinais de um ciclo inconveniente. O aquecimento das cidades no verão favorece níveis altos de poluição e essa poluição contribui para acentuar o efeito da ilha de calor. As maiores temperaturas mais rapidamente se produzem reações químicas que levam a alta concentração de ozônio e, à noite, a poluição sobre a cidade inibe a perda térmica. A vegetação também contribui para a redução da poluição do ar.

Outro fator exacerbante desse efeito em áreas urbanas é o grande número de edificações que continuam se desenvolvendo sem repor a vegetação por elas destruída. Em Porto Alegre a cobertura vegetal vem diminuindo

sensivelmente à medida que o solo urbano se adensa e não se procede à substituição das árvores que foram cortadas ou simplesmente morreram (Figura 1). A redução da cobertura vegetal da cidade apresenta forte correlação com as distâncias ao centro, resultado da relação com a intensidade de urbanização, inversamente relacionada à distância ao centro urbano (MASCARÓ, 2003). A zona de edifícios altos (alta intensidade de urbanização) e as áreas industriais e comerciais apresentam valores abaixo de 20% em relação à cobertura vegetal, sendo que as áreas verdes públicas foram as que mais contribuíram para esse percentual. A maior parte da cidade apresentava, na década passada, valores abaixo de 45%. Nas áreas centrais, as mais utilizadas pela população, a cobertura vegetal esteve abaixo de 15% na década passada, situação comparável à encontrada em desertos (MASCARÓ, 2002). Esta semelhança fica mais nítida em dias de verão, quando a umidade do ar cai a níveis reais de deserto: 35°C de temperatura e 18% de umidade relativa do ar numa tarde dessa estação.



Figura 1 – Respectivamente zona urbana seca e zona arborizada de Porto Alegre, RS.  
Fonte: Google Earth, 2006.

Nas cidades americanas é plantada somente uma árvore para cada quatro removidas. Na cidade de New York, por exemplo, foram perdidos 20% da floresta urbana (175.000 árvores) nas últimas décadas. Há, em Porto Alegre, o Projeto Especial de Rearborização de Vias; já existem algumas obras realizadas, que não levam em consideração os aspectos energéticos nos critérios de seleção e organização das espécies, caso do Bairro Menino Deus e da Terceira Perimetral. Mas, pelo menos, existe o projeto como parte do Plano Diretor de Arborização de Vias Públicas de Porto Alegre (2000).

Estudos realizados (MASCARÓ, 2002) informam valores de desempenho ambiental das espécies arbóreas usadas em Porto Alegre, verificando a importância de sua presença no recinto urbano. A vegetação interfere no desempenho termo luminoso do recinto urbano e de seus edifícios orientados para o Norte, Leste e Oeste. Árvores de folhas caducas, no inverno, apresentam obstruções à passagem da insolação e da luz natural que variam entre 5% e 65%, segundo a espécie arbórea, sendo consideradas adequadas para latitude 30° S as que bloqueiam a radiação solar até em 20%. É importante considerar este efeito na

estimativa de consumo de energia da edificação. O valor de transmitância luminosa da vegetação, no inverno, deve ser pelo menos de 40% para se ter a iluminância adequada para realizar tarefas visuais de exigência média (cerca de 300 lux). No verão, a transmitância luminosa da maioria das espécies varia entre 5% e 10%, reduzindo significativamente a disponibilidade de luz natural e sol nas janelas sombreadas por elas.

A poupança energética pelo uso da arborização pode ser significativa. Nos EUA o efeito anual das árvores corretamente usadas representa uma poupança média de cerca de 20% a 25% dos custos energéticos residenciais, comparados com os mesmos custos para uma casa numa área desprotegida, sem vegetação (UNITED STATES, 2000).

## **INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NA AMBIÊNCIA DA RUA**

### **Recinto urbano seco - sem vegetação**

Foi estudada uma rua da área central de Porto Alegre, espaço de uso misto, caracterizada pelo trânsito intenso de pessoas e veículos automotores., cujas fachadas se orientam

Leste- Oeste. Esse trecho se configura como recinto deteriorado, no qual estão presentes casas térreas e edificações de dois pavimentos.

Como toda rua orientada para Leste – Oeste na região subtropical, somente sua fachada Norte e parte da calçada e rua recebem insolação no inverno, criando um efeito ambiental assimétrico, com espaços diferenciados. Por ser uma rua de perfil heterogêneo, a fachada Norte recebe pouca sombra projetada no inverno, enquanto que no verão, a rua e a edificação recebem insolação total. Impõe, assim, à edificação que a delimita características no seu comportamento climático e energético.

A ausência de vegetação acentua a situação de deserto urbano (Figura 2). A maior percentagem de respostas obtidas na aplicação de questionário sobre a percepção do recinto pelos usuários (por exemplo: este é seu recorrido diário habitual? Como se sente caminhando pelo passeio nesta tarde ensolarada, de intenso calor no verão? “deve-se apressar o passo para chegar a um lugar mais aconchegante”, “não é sítio para ficar, mas percorrer por necessidade”...) e de frio no inverno (65% das respostas recebidas correspondem a essas sensações, 10% dos entrevistados não responderam e 5% não sabem).



Figura 2 – Rua seca, sem arborização, no centro de Porto Alegre, RS.



Os valores registrados nas medições realizadas *in loco* estão informados na Tabela I, na qual podem ser verificadas as condições da temperatura, umidade relativa do ar e direção e velocidade do vento na rua, caracterizada pela dominância de superfícies construídas, ausência de vegetação e presença de poluição ambiental e visual. O recinto aquece mais do que é

esperado no verão, apresentando características de deserto, neste caso, artificial. No inverno, a intensa insolação direta nos dias claros faz menores as diferenças de temperaturas registradas pelo Serviço Meteorológico e *in situ*, mas o vento se mantém com velocidade maior devido à proximidade de uma avenida larga, à morfologia da rua e à orientação do recinto urbano.

Tabela I – Temperatura, umidade relativa do ar e velocidade e direção do vento num recinto urbano seco, sem vegetação.

VERÃO			
	Informações 8° D.M	Valores registrados	Variação
Temperatura Máxima (°C)	33 (15h)	37 (15h)	+ 5
Temperatura (°C)	32 (16:30h)	35 (16:30h)	+3
Umid. Relat. Ar mín (%)	66 (15h)	21 (16:30h)	- 45
Vento (Km/h)	leste 2,5	leste 8	+ 5,5

  

INVERNO			
	Informações 8° D.M	Valores registrados	Variação
Temperatura Máxima (°C)	18 (13h)	18,5 (13h)	+ 0,5
Temperatura (°C)		17 (14:30h)	
Umid. Relat. Ar mín (%)	76	52	- 34
Vento (Km/h)	sudeste 0,5	sudeste 2,5	+ 2

Fonte: Pesquisa do autor  
Obs.: Abóbada celeste clara.

### Recinto urbano úmido - com vegetação

Localizado na mesma área da cidade que o anteriormente focado, este recinto apresenta uma vegetação antiga, de grande porte, que forma quase um túnel sobre a rua, a qual é delimitada por edificações antigas de dois pavimentos apenas, com a excepcional presença de dois edifícios de quatro andares, sendo seu perfil irregular (Figura 3). O domínio da vegetação, neste caso, determina a ambiência urbana, desta forma as edificações não possuem influência significativa. A topografia é plana, e o uso, predominantemente residencial.

A espécie dominante é o jacarandá, mas também se encontram tílias e salgueiros. Seu grande fator de céu visível,  $Y = 95\%$ , está reduzido pela vegetação a  $Y = 35\%$ , o que significa uma diminuição de 60%, porém peneirada

(sombreamento da vegetação), o que permite que a radiação solar seja amenizada. As superfícies construídas estão protegidas da intensa insolação do verão, mas a disponibilidade de luz natural está reduzida, em média, cerca de 10% (transmitância luminosa do jacarandá no verão), sendo necessário o uso da iluminação artificial durante o dia para a realização de tarefas visuais de exigência média. Já no inverno, a disponibilidade de luz natural aumenta para cerca de 90% porque a transmitância luminosa da espécie é de 7% nessa estação. A temperatura do ar registrada foi 3,8°C menor que a informada pelo Serviço Meteorológico, medida à sombra das árvores, no verão, e de 1,5°C inferior no inverno. A umidade relativa do ar foi maior em 6,5% no inverno e em 7% no verão. 60% das pessoas entrevistadas responderam estarem satisfeitas com a presença da vegetação. A tabela II informa os valores registrados nas medições realizadas *in situ*.

Tabela II – Temperatura, umidade relativa do ar e velocidade e direção do vento num recinto urbano úmido, com vegetação.

VERÃO			
	Informações 8° D.M	Valores registrados	Variação
Temperatura Máxima (°C)	35,8 (15:30h)*		
Temperatura (°C)	33 (11:30h)*	29,2	-3,8
Umid. Relat. Ar mín. (%)	66	59	- 7
Vento (Km/h)	calmaria	leste	

INVERNO			
	Informações 8° D.M	Valores registrados	Variação
Temperatura Máxima (°C)	22,5		
Temperatura (°C)	19,5 (12h)*	18	-1,5
Umid. Relat. Ar mín (%)	61	67,5	+ 6,5
Vento (Km/h)	leste 2	leste 3,6	+ 1,6

Fonte: Pesquisa do autor

\* Horário de verão

Obs.: No verão abóbada celeste clara; no inverno abóbada celeste com nuvens esparsas.

### Exemplo dos benefícios da radiação solar no inverno:

Uma janela aberta na fachada Norte permite, em média, num dia do mês de junho, a entrada de 142 W/m<sup>2</sup>; se a janela for de, por exemplo, 4m<sup>2</sup>, entrariam no local 5.680 W/dia, ou seja, o equivalente a calefator elétrico de mais de ½ KW, funcionando durante as 10 horas do dia. Com o preço atual da energia elétrica na região (R\$ 0,48 KW/h), teria se um gasto diário de R\$ 2,70; nos 100 dias do período invernal, chegaria se a um gasto anual de R\$ 270,00. Isso é caro demais para a maioria da população local, que não tem condições sequer de pagar o consumo mínimo de energia elétrica. Além disso, a falta de aquecimento domiciliar no inverno favorece o surgimento das doenças respiratórias. Este é um grave problema, em termos ambientais, para a comunidade como um todo.

### PROPOSTAS DE CARÁTER AMBIENTAL – ENERGÉTICO

- A cidade subtropical úmida deve ser 2/3 sombreada durante o período quente, principalmente, por uso de vegetação.
- Um fator de visão de céu de 45° ou maior é aconselhável para um bom desenvolvimento da vegetação urbana nos microclimas urbanos de Porto Alegre, RS. Este dado deve ser estudado para a região tropical.

- Na cidade subtropical úmida, as árvores devem ser de folha caduca, e as espécies selecionadas nativas; a seleção, do ponto de vista ambiental, se deve fazer em função de:

- altura total e largura e altura de início da copa;
- forma da copa levando em consideração a sua função de sombreamento;
- densidade da folhagem e densidade dos ramos (sem folhas) à penetração da radiação solar, (20% como mínimo, condição de inverno) e à passagem do vento (condição de verão, 50% recomendada);
- taxa de crescimento: são preferíveis as que apresentarem maior taxa no início e menor no fim de seu desenvolvimento;
- menor necessidade de poda;
- raízes em função de sua localização em relação à edificação e à infra-estrutura urbana;

### CONCLUSÕES

A principal função da arborização no meio ambiente urbano, principalmente no clima subtropical úmido, é de sombreamento. Quando a rua tem árvores de grande porte que se igualam com a altura dos edifícios, o sombreamento da vegetação é mais significativo, reduzindo a importância dos efeitos da geometria e da orientação do recinto urbano, diminuindo a

assimetria das sombras decorrentes da orientação do eixo da rua. Devido ao baixo valor do albedo, a energia que gasta nos processos fisiológicos e a quantidade de vapor de água que produz, a vegetação constitui o material ideal para ser utilizado como sombreamento de verão da cidade.

O programa de plantio de árvores representa uma rara oportunidade de melhorar a qualidade de vida simultaneamente do cidadão e do ambiente urbano através da diminuição dos custos de energia elétrica, principalmente nas regiões úmidas. Entretanto, não há planos precisos e completos de plantio de árvores urbanas que levem em consideração a função ambiental da vegetação que estejam sendo aplicados entre nós. As ações realizadas nos últimos meses em Porto Alegre estão mais voltadas para atender aqueles aspectos de “*beautify*” (embelezamento) da área urbana (ou city beautification (VAN BOMMEL, 2006), que a dar resposta aos aspectos ambientais – energético do recinto urbano.

## Referências

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTADÍSTICA. *Censo 2000*. Brasília: 2001.
- MASCARÓ, J.J. *et al.* **Análise da evolução da edificação residencial e seus impactos ambientais em Porto Alegre. Comparação com a de Passo Fundo**. Passo Fundo: FAER UPF, 2003. Relatório de Pesquisa
- MASCARÓ, L. *et al.* **PREAMBE, Preservação do maio ambiente pelo uso racional de energia**. Porto Alegre: PROPAP UFRGS MCT FINEP, 2002. Relatório de pesquisa.
- SMAM PMPA. **Plano Diretor de Arborização de vias públicas de Porto Alegre**. Porto Alegre: Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2000.
- VAN BOMMEL, W. City beautification and emotion. In: CONGRESO PANAMERICANO DE ILUMINACIÓN LUXAMÉRICA, 8., 2006, Montevideo. *Anais...* 2006. 1 CD.
- UNITED STATES. DEPARTMET OF ENERGY. **Urban forestry**. Washington, 2000.