



# CIDADE ENERGIA, ARBORIZAÇÃO URBANA E IMPACTO AMBIENTAL

---

*Juan Luis Mascaró*  
*Lucia Mascaró*  
*Clarissa M. L. S. Aguiar*

A cidade é um dos produtos humanos que mais consome energia e o que causa maior deterioração ambiental. O elevado crescimento da população, a densificação urbana incontrolável e o grande consumo de produtos eletroeletrônicos, levaram a um aumento quase linear do consumo de energia no Brasil durante as últimas três décadas. Diante da insustentabilidade deste aumento, um novo ponto de vista sobre o problema energético tornou-se essencial, pois, além das implicações econômicas, a tendência de incremento do consumo de energia traz consigo sérias conseqüências para o meio ambiente. Entre outras estratégias, como mudar hábitos de consumo e de comportamento da população em relação à energia, uma prática relativamente simples pode contribuir de modo substantivo para a amenização climática e para a redução da crise atual: a arborização urbana. Cidades como Tucson, localizada no árido estado americano do Arizona, desenvolvem programas exemplares de plantio de árvores em larga escala como medida para reduzir o calor do verão. Os resultados animadores de Tucson podem servir de exemplo para outras cidades que gradativamente transformam-se em verdadeiras ilhas de calor e, portanto, cada vez menos habitáveis.

## I

### A CIDADE E A CRISE DE ENERGIA

#### *Ilustração de abertura*

Lúcio Costa: proposta para as superquadras de Brasília.  
In: COSTA, Lúcio. *Registro de uma vivência*. São Paulo: Empresa de Artes, 1995.

A crise energética brasileira é resultado de um conjunto de fatores, dentre os quais se destaca a falta de investimento e de planejamento setorial do governo durante das décadas de 80 e 90. Desde a crise do petróleo, na década de 70, diferentes grupos de pesquisa vêm alertando para o fato de que o sistema energético carece não só de investimentos estratégicos para o atendimento à crescente demanda de energia elétrica, mas também de políticas adequadas para os diferentes setores econômico-tecnológicos que participam da produção, transmissão, fornecimento e consumo. Muito pouco foi feito. As medidas adotadas até agora perante a crise não são estratégicas, têm um caráter emergencial, imediato, para evitar a falta de energia e o assustador *apagão*, previsível apesar dos crescentes aumentos no preço da energia elétrica.

A energia, entretanto, não deve ser vista como um fim em si mesmo ou como um serviço, mas como um meio de fornecer serviços. São os serviços e não a energia que diretamente satisfazem as necessidades da população.<sup>1</sup> Por outro lado, quantidade de energia fornecida não significa qualidade dos serviços oferecidos. A qualidade de vida de uma cidade, por exemplo, depende mais da forma como estão iluminados os espaços construídos (medida em lúmem/m<sup>2</sup>) do que dos kWh consumidos para iluminá-los. A extensão à qual os serviços de energia são acessíveis é um bom indicador do verdadeiro nível de desenvolvimento de uma região. O desenvolvimento, em conseqüência, precisa de maior aumento do nível *per capita* de serviços de energia, além de sua maior oferta, que parece ser a principal preocupação das autoridades. Esses serviços retornam como dispositivos de uso final (estufas, luminárias, residências) que convertem a energia de modo a atender necessidades. Aparelhos, edifícios e forma urbana mais eficiente podem fazer uso racional da energia elétrica, fornecendo os mesmos serviços com menor consumo ou mais serviços com a mesma energia.

É importante ter presente que a melhora da eficiência energética envolve menos capital que aumentos equivalentes no fornecimento de energia. Basta lembrar a importante poupança conseguida pela população brasileira como resposta à solicitação do governo e à crise energética, que muito pouco custou aos cofres públicos, e o valor estimado para os investimentos considerados como necessários para

<sup>1</sup> REDDE, A. K. N. & GOLDEMBERG, J. Energy for the developing world. *Scientific American*, New York, set 1998, p. 63-72.

a construção de novas usinas de energia. O problema não era (nem é) só a quantidade de capital para investir e para fazer a melhoria de eficiência energética, mas a inexperience das autoridades encarregadas de concretizá-la e a dificuldade institucional para implementá-la. E, no caso da legislação urbana, o vetor espacial/territorial é importante na questão ambiental-energética na medida que leva a identificar estruturas urbanas adequadas à realidade local, sobre as quais se deve atuar a fim de estimular a preservação ambiental e o uso racional de energia e também inovações nas formas de governar, nos valores administrativos e na conscientização da população.

Entretanto, a legislação técnica vigente – planos diretores, códigos de obra e normas – mantém seus enfoques tradicionais, sem incorporar aspectos hoje reconhecidos como essenciais. O planejamento urbano das cidades brasileiras, por exemplo, em geral considera os critérios sociais, econômicos e culturais (algumas vezes), e não os aspectos climáticos e topográficos regionais, e muito menos os energéticos ou ambientais. Uniformizam-se requisitos legais que levam a soluções arquitetônicas e urbanas padronizadas, e que não respondem de maneira adequada às solicitações ambientais e energéticas. Da mesma forma, não são asseguradas as condições mínimas de salubridade e conforto na maioria dos planos diretores e códigos de obra analisados. Nos primeiros, os instrumentos utilizados para este fim se restringem à densidade máxima permitida, índice de aproveitamento do solo, taxa máxima de ocupação, afastamentos mínimos das divisas e alturas máximas, descuidando-se de legislar, também, sobre as alturas mínimas, pois baixas densidades acarretam altos custos na implantação e no uso da infra-estrutura urbana. Não há qualquer consideração sobre a paisagem resultante, e muito pouco sobre o impacto ambiental.

A mesma voracidade de consumo de recursos que caracteriza a cidade, torna-a um mercado com potencial de poupança de igual magnitude, simplesmente ignorado até agora.

### **O caso de Porto Alegre**

O governo da Cidade de Porto Alegre aprovou, no final de 1999, o II Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental, que possibilitou a flexibilização dos regimes de alturas dos prédios, tornando possível a utilização do Solo Criado – implantado há sete anos pela Câmara de Vereadores local e sancionado pelo Prefeito –, o qual

permite que a Prefeitura Municipal venda para a iniciativa privada o direito de edificar em terrenos de determinados bairros, além do potencial previsto no Plano Diretor. Isso, no entanto, só deveria ser possível em áreas onde há capacidade de infra-estrutura urbana instalada para absorver esta maior ocupação, de modo a evitar a deterioração ambiental do recinto urbano e a estimular o desenvolvimento urbano de forma sustentável. Segundo seus defensores, o acréscimo de área edificada gerado pelo Solo Criado proporcionará a obtenção de economias de escala e, conseqüentemente, a redução do preço final dos imóveis, resultado da diluição dos custos fixos da obra. Todo dinheiro arrecadado com a venda deverá ser destinado à construção de habitação popular e saneamento básico, ou seja, quanto mais Solo Criado for vendido melhores serão as condições de habitação das populações de baixa renda da cidade. Porém, por decisão da Fazenda Municipal, o Solo Criado estava sendo vendido mais caro que o terreno equivalente, levando a movimentos especulativos que contrariam os princípios que nortearam a sua elaboração.<sup>2</sup> Este dispositivo deveria ser utilizado como instrumento de estímulo ao investimento em áreas urbanas pouco valorizadas, e não como um mecanismo de busca de receita.

<sup>2</sup> PDDUA. *II Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Porto Alegre*. Porto Alegre: Prefeitura Municipal, 2000.

Para se ter um parâmetro ambiental de avaliação das conseqüências da aplicação do Novo Plano Diretor Urbano Ambiental, comparou-se a situação atual da ventilação natural da cidade com uma projeção de seu perfil no ano 2060 através de simulações computacionais realizadas com o Programa WasP<sup>3</sup>. O II PDDUA permite maior densificação urbana, resultando no aumento da rugosidade que, por sua vez, faz crescer a turbulência do ar e reduz sua velocidade na maioria dos recintos urbanos, sendo as áreas mais críticas as localizadas no centro de Porto Alegre e nas encostas urbanizadas dos morros. A título de exemplo, citamos o caso do morro São Pedro, que apresentou situação mais crítica, ficando com apenas 22% do vento disponível no seu entorno imediato, e do morro Teresópolis, que teve a velocidade do vento característico de 3m/s reduzida para 1m/s, comprometendo a ventilação urbana e a dos edifícios, com a estimativa de maior consumo de energia elétrica ou menor conforto ambiental para seus habitantes.

<sup>3</sup> WASP. *Wind atlas analysis and application*. Copenhagen: PUC, 1993.

A densificação intensificada também dos bairros periféricos prevista na legislação, impedirá que os ventos úmidos do oeste, que vêm do Guaíba, penetrem na malha urbana, enquanto os ventos leste e sudeste, típicos do verão, passarão por cima da cidade, ao aumentar a altura

da camada limite do sítio, tornando crítico o teor de umidade relativa do ar. Esta situação tem resultados similares aos de uma topografia mais alta do que a local, impedindo que o vento percorra a cidade ao nível do solo (no caso de Porto Alegre, estima-se a elevação de até 8m nos locais mais adensados). O efeito é agravado pela possibilidade de construir até 6 pavimentos sem recuos laterais nas avenidas consideradas eixos principais, formando canais que forçarão o vento a percorrer as ruas paralelamente às fachadas, sem ângulo de incidência adequado para a ventilação no interior dos prédios. A proporção de 3/1, entre altura dos edifícios e largura da rua, proposta para muitos recintos urbanos, impede o pleno desenvolvimento de vegetação no passeio público, única fonte de sombreamento entre as 10 e 16 horas, nos dias de verão. Além disso, o perfil previsto para a cidade, com os eixos estruturados mais densos, diluindo-se para os lados, favorecerá a ventilação apenas dos últimos andares das edificações, criando mais ilhas de calor.

### A percepção da cidade pelos usuários

Para avaliar qual a relação (percepção) dos usuários e moradores do recinto urbano e do seu entorno com o consumo de energia e o meio ambiente construído, foram realizadas enquetes (PREAMBE INT, 2000) e aplicados questionários (PREAMBE EXT, 2000).<sup>4</sup> Além do levantamento de dados pessoais e familiares, foram avaliados os diversos recintos no que diz respeito ao conforto termoluminoso, ao consumo de energia, à relação com a arborização urbana, à utilização dos recursos naturais e ao impacto sobre o meio ambiente. É interessante notar que a receptividade dos entrevistados está mais diretamente ligada à conscientização da importância da qualidade de vida no ambiente construído do que propriamente ao nível cultural ou faixa etária; verificou-se também que os grupos se diferenciam conforme a posição sócio-econômico-cultural.

O resultado da avaliação, realizada antes da atual crise de energia, permite as seguintes observações:

1. A preocupação em *economizar energia* existia, porém, apesar de mencionada pela grande maioria dos pesquisados, não era praticada adequadamente. Muitos não consideravam significativos os gastos de energia no orçamento doméstico e portanto as medidas não eram tomadas de forma eficiente. A energia elétrica ainda era muito barata: *Não mexia no bolso do consumidor.*

<sup>4</sup> MASCARÓ, J.; MASCARÓ, L. & AGUIAR, C. Políticas Energéticas e Meio Ambiente. In: *Programa de Preservação do Meio Ambiente pelo Uso Racional de Energia*. v. 1. Porto Alegre: PROPARG – UFRGS/FINEP – MCT, 2001. (Relatório Final de Pesquisa).

2. Havia interesse em preservar o *meio ambiente*, entretanto, notou-se que a pouca informação a este respeito levava os pesquisados a ter dúvidas nas respostas e, algumas vezes, a emitir opiniões de forma “ecologicamente correta”. Constatou-se que a preocupação em adquirir produtos reutilizáveis ou de baixo consumo energético não era prioridade. Um exemplo do descaso com o meio ambiente continuam a ser os carros que circulam pelas ruas de Porto Alegre (e das outras cidades do país), na sua grande maioria movidos à gasolina e com apenas o motorista a bordo, o que reflete a ineficiência dos transportes coletivos, mas também a distância existente entre o discurso e as atitudes das pessoas, como se pode constatar na enquête realizada.

3. As respostas das pessoas em relação à *arborização urbana* retrataram, em certos casos, uma compreensão das árvores como meros ornamentos, ficando em segundo plano a sua função como elemento ambiental urbano. Poucas pessoas pesquisadas expressavam sua preocupação com as podas mal feitas ou com a derrubada de árvores, assim como não reconheciam o quanto estas podem interferir de forma positiva (ou negativa, em algumas situações) no conforto termoluminoso no interior dos ambientes e nas visuais externas.

Existem estudos de interesse em diversos países do mundo e algumas poucas experiências bem sucedidas realizadas na Europa e nos EUA, que usam os critérios de uso racional da energia e se preocupam com o meio ambiente no desenho urbano. As tentativas feitas no Brasil não passam disso: de tentativas. Os conhecimentos técnicos disponíveis são mais do que suficientes e adequados para implementar esse tipo de regulamentações. Falta, porém, a vontade política e acadêmica, nessa ordem, para concretizar um tipo de programa cujo custo é muito menor que o de qualquer investimento na produção de energia. Nas faculdades de arquitetura, as disciplinas de conforto ambiental são consideradas marginais na formação do arquiteto e as de desenho urbano e urbanismo pouco levam em consideração os aspectos ambientais. Não existem Códigos de Obras e Planos Diretores Urbanos no país que incluam critérios energético-ambientais nos seus textos.

Ao nível político, o discurso é muito mais forte do que a prática. Em relação aos agentes que intervêm no âmbito do consumo de energia, o governo mostrou-se inoperante até a atual crise, sem visão de políticas setoriais, tratando o tema genericamente ou de maneira pontual.

Há muito tempo que não se elaboram políticas urbanas; as cidades, no entanto, continuam se expandindo de forma errada, para a periferia, em detrimento de vazios urbanos mais próximos das áreas centrais que já possuem infra-estrutura urbana, portanto, sem promover uma densificação que ofereça qualidade ambiental. O governo continua sem exercer seu papel de promotor de políticas estimuladoras de opções pró-ambientais e de uso racional de energia, e de parceiro da iniciativa privada; sua presença também deveria dar-se em forma impositiva se os setores, sejam eles quais forem, não se mobilizam por conta própria, como é o caso da indústria da construção civil, por exemplo, que tem demonstrado pouco interesse na eficiência energética, apesar de ser um grande consumidor e poluidor.

O mercado urbano está recebendo considerações semelhantes às dos outros setores, ao se reconhecer que é pela via do interesse, da competição e do lucro que, em grande parte, se resolverá a questão do desenvolvimento sustentável, de interesse nacional (e também estratégico), na qual estão inscritas as demandas ambientais. É essencial transformar os cuidados com o meio ambiente em argumentos de competição de mercado, em diferentes setores de atividade, principalmente na urbanização e na edificação, que representam as atividades humanas com maior impacto sobre o meio ambiente e o consumo de energia. Por isso, é fundamental que numa economia de livre mercado que funciona com o princípio da oferta e da demanda, o consumidor, seja este inquilino ou proprietário, introduza nos seus requisitos de demanda, exigências sobre a preservação ambiental e o uso racional de energia.

A questão urbano-ambiental não envolve apenas os usuários perante uma situação específica, mas o futuro da humanidade a longo prazo e a qualidade de vida a médio e curto prazo. As próximas décadas estarão, sem dúvida, dedicadas a ela, entendida em termos amplos sob a denominação de desenvolvimento sustentável.

Algumas ações já iniciadas permitem prever mudanças nesse panorama tão pouco favorável. Dentre elas, merecem destaque a área da iluminação natural com a participação de Centros de Medição da Iluminância Natural da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis) e do CRICYT CONICET da Argentina (Mendoza), que formam parte da rede Standards for International Daylight Measurement Program (IDMP), dependente da Commission Internationale de l'Éclairage. A redação de normas da Associação Brasilei-

ra de Normas Técnicas (ABNT) sobre iluminação natural também merece destaque. Atividades necessárias mas não suficientes.

Uma das ações internacionais a destacar é a implantação de um novo programa que iniciou suas atividades no final de 2000, implementado pela Energy Agency's Task 21, intitulado *Daylighting in Buildings in the 21<sup>st</sup> Century*, com o objetivo de: determinar as perspectivas e requerimentos dos usuários através de testes subjetivos aplicados em espaços configurados, especialmente em laboratórios e edifícios já construídos; e otimizar a dinâmica de sistemas de iluminação pelo desenvolvimento de conceitos integrados da luz natural com várias estratégias de iluminação artificial. Esta pesquisa incluirá o desenvolvimento de novas estratégias de controle para a iluminação das fachadas e o desenvolvimento de modelos de simulação para prever o desempenho do controle com qualquer sistema de iluminação natural visando otimizar a performance energética global e de um determinado tipo de edifício e clima luminoso. Os resultados serão implementados em duas práticas com enfoque inovador através da criação de um centro de documentação virtual, para avaliar, arquivar e divulgar informação sobre a iluminação natural dos edifícios no mundo e liderar a implantação de grupos nacionais de apoio aos estudos e aplicação do uso da luz natural.

### **A proposta**

O espaço urbano está condicionado por fatores climáticos. Essa é a grande diferença com o espaço arquitetônico, para o qual esses fatores hoje têm a sua disposição a potência de suas instalações de climatização artificial. Na grande maioria dos casos, devido à ausência de dados científicos confiáveis ou à ignorância, o espaço urbano – nas suas manifestações mais apreciadas – costuma ser o resultado da acumulação do conhecimento empírico compartilhado pela população do lugar através do tempo. Entretanto, suas manifestações mais degradadas geralmente são o resultado da imposição de dispositivos de controle da forma urbana não experimentados, às vezes importados, outras vezes inadequados, ou da repetição cega dos dispositivos e organizações consideradas como eficientes. É o desenvolvimento desta última tendência, que tem colocado em questão a possibilidade da existência de um recinto urbano como um espaço para o qual é grato os edifícios se abrirem, com características ecotérmicas minimamente aceitáveis.

Para criar este espaço urbano, propomos:

1. modificar os fenômenos climáticos localmente, ao nível do solo, onde a vida acontece, através da escolha do albedo das superfícies do recinto urbano mais adequado do ponto de vista termoluminoso, da redução da capacidade de acumulação térmica de seus edifícios e do aumento de sua resistência térmica (situação oposta à da cidade clássica e seca, que tanto admiramos);

2. que, no recinto urbano úmido e predominantemente quente, não é a inércia térmica da edificação o fator condicionante decisivo de seu desempenho ambiental em condições de verão, mas a ventilação urbana e dos edifícios, que reduziria o consumo crescente da climatização artificial para aqueles dias muito quentes e abafados, que não superam 30% dos dias de verão em situações climáticas normais;

3. que a estrutura urbana recomendada seja aquela que apresenta recintos urbanos diferenciados do ponto de vista ecotérmico; acessíveis ao sol uns, inacessíveis outros, mas com superfícies de alta refletância que lhes permitam iluminar naturalmente recinto e edificação; acessíveis ao vento de verão todos, contando com a valiosa colaboração de janelas que se abrem (em oposição aos herméticos panos de vidro), que transformam os edifícios em estruturas porosas alternadas com refletivas (é o velho jogo da composição arquitetônica dos cheios e dos vazios), permeáveis à passagem do ar e da luz (e do sol de inverno, mas não do sol de verão), situação necessária e própria do clima com uma estação quente e outra fria, ambas úmidas.

Os que tomam as decisões devem estar convencidos da necessidade de estabilizar o crescimento e o uso da energia ou, ainda, da necessidade de estabelecer cotas de redução do consumo. Uma área aberta para a manipulação é o ambiente construído, pelo fato de seu projeto e uso terem impacto significativo no ambiente natural; e, o que é mais importante, impacto este que pode ser moderado através de um projeto inteligente e saudável, sem reduções nas expectativas do estilo e padrões de vida. As atitudes dos usuários dos ambientes construídos têm grande impacto no seu habitual e consciente bem-estar.

Os últimos acontecimentos relativos ao tema confirmam os resultados da pesquisa. As Nações Unidas divulgaram há poucos meses um posicionamento perante o efeito estufa, no qual afirmam que existe tecnologia para controlar o aquecimento global, mas não, vontade política; mais recentemente, em Bonn, ficou constatado o isolamento inter-

nacional dos EUA devido a sua posição política em defesa do seu próprio crescimento industrial e, conseqüentemente, da não ratificação do tratado de Kyoto. Os demais líderes mundiais, incluindo os países europeus e o Brasil, confirmaram o tratado fazendo pequenas concessões no conteúdo que poderá permitir que cada grupo possa pôr em prática as políticas adequadas a cada um. Isso permitiria começar a reduzir desde já as emissões e deixaria aberta a hipótese de negociação de um novo tratado global mais adiante.<sup>5</sup> Mas, nada foi dito ou acordado em relação à cidade, nem como fonte poluidora do ambiente – a maior das existentes hoje – nem como um dos principais consumidores de energia do planeta.

<sup>5</sup> E depois de Kyoto? *Jornal da Tarde*, São Paulo, 27 julho 2001.

Algumas questões, como as que seguem, ficam pendentes. O uso do gás como energético será a solução mais adequada para os problemas ambientais urbanos? Apesar de o governo incentivar a instalação de termoeletricas à gás, a participação da energia por elas gerada é atualmente de apenas 6%. O gás natural apresentado como um combustível limpo provoca alto impacto ambiental pois emite óxido de nitrogênio, componente da chuva ácida; e consome muita água para sua produção, até 10 milhões de litros por dia. Conforme informação do Diretor-Presidente da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), do Rio Grande do Sul, há cinco projetos de usinas termoeletricas para a região metropolitana de Porto Alegre. Justamente porque o gás é mais limpo, é possível colocar a geração próxima ao centro de consumo; continua, no entanto, o grande problema da excessiva concentração de poluentes no mesmo local, dentro da zona urbana da região metropolitana.

Que benefícios trará à cidade e a seus habitantes o uso deste energético? Que transformações ocorrerão na cidade, de fato e em razão do uso do gás, capazes de propiciar o uso eficiente e racionalizado da energia, tanto no recinto urbano como no privado?

As políticas urbanas passarão a levar em consideração os aspectos energético e ambiental? Qual será a postura a ser adotada pelos diversos setores da construção civil, em particular da edificação?

Será que os usuários aprenderão com a crise e manterão a redução de seu consumo energético já alcançada, de maneira consciente, ou será apenas uma situação emergencial?

Da resposta de todos e cada um destes setores depende a sustentabilidade do meio ambiente, incluída a do meio ambiente urbano.

## II

### ARBORIZAÇÃO URBANA E CONSUMO DE ENERGIA

Os verões cada ano mais quentes podem custar dinheiro à cada prefeitura local porque o aumento de temperatura em áreas urbanas provoca impacto diretamente nos custos de refrigeração. Em cidades com mais de 100.000 habitantes o pico da demanda utilitária aumenta 1,5% a 2% para cada 0,6°C de aumento de temperatura. As temperaturas urbanas ao longo dos EUA 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 manter-se frescas no verão.

Em Washington, por exemplo, o ar condicionado é usado por cerca de 1.300 horas por ano. Estes custos representam o montante pago de taxas de cerca de US\$ 40,00 por cada hora de operação, ou US\$ 52 milhões por ano! Reduzindo as cargas de refrigeração da cidade é possível se obter significativos benefícios ambientais e econômicos para a comunidade.

Dos métodos disponíveis e eficientes para diminuir a demanda por refrigeração, o uso de árvores e superfícies de alto albedo são frequentemente mencionados como os mais adequados na bibliografia sobre o tema. Superfícies de albedo alto têm os materiais de construção mais refletivos à radiação solar (cores claras) e que podem reduzir fortemente a carga de refrigeração da edificação. Mas o foco central desta questão está no uso de árvores como o melhor método de resfriar as áreas urbanas, convivendo em harmonia com os equipamentos e as infra-estruturas urbanas.

Em Tucson, Arizona, árvores têm servido para reduzir o calor no verão desde 1989, ano que marca o início do Programa de Arborização Urbana, que propunha o plantio de 500.000 árvores adaptadas às condições desérticas da região. Isto significa uma árvore por cada residente na cidade. Sabe-se que este programa deve não somente poupar dinheiro de refrigeração à prefeitura, mas igualmente melhorar a qualidade de vida da comunidade.<sup>6</sup>

Os ambientes urbanos são significativamente mais quentes que os rurais, um fenômeno conhecido como “ilha de calor”. A diferença de temperatura entre as áreas rurais e urbanas varia entre valores pequenos de 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. Em dias quentes de verão a diferença entre a temperatura do ar no centro de Porto Alegre e sua periferia rural chega a 4°C e até 7°C na cidade de Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. *Tomorrow's energy today for cities & countries*. Washington, 1999.

<sup>7</sup> MASCARÓ, J. ; MASCARÓ, L. & AGUIAR, C. *Op. cit.*

As causas do fenômeno conhecido como ilha de calor são bem conhecidas, embora sejam necessárias mais pesquisas para quantificar seu efeitos. Num ambiente rural, boa parte da energia solar que chega à vegetação é usada pelas plantas para o processo metabólico. A planta também usa a umidade para controlar sua própria temperatura e, transformando-se o excesso em vapor de água, refresca assim o ar que as rodeia.

Na cidade, as plantas são substituídas por superfícies tais como asfalto, tijolo e concreto. Essas superfícies têm baixa refletância e armazenam a energia solar em vez de refleti-la. Os *canyons* urbanos também reduzem a perda de calor para a atmosfera. O resultado é que nas noites de verão as cidades são muito mais quentes que seu entorno imediato.

Os verões mostram sinais de um ciclo infeliz. O aquecimento das cidades no verão contribui para a ocorrência de níveis elevados de poluição a qual contribui para acentuar o efeito da ilha de calor. As maiores temperaturas, mais rápido se produzem as reações químicas que levam a altas concentrações de ozônio, e à noite a poluição sobre a cidade inibe a perda térmica.

A vegetação também contribui na redução da poluição do ar. É só na presença de quantidades significativas de poluição produzida pelo homem que algumas das muitas substâncias que as árvores e as plantas produzem tornam-se participantes da formação de ozônio no ar.

Outro fator exacerba a situação. Ocorre que o desenvolvimento de edificações e indústrias em áreas urbanas continua crescendo sem o replantio da vegetação que sua construção destrói. Em Porto Alegre, a cobertura vegetal vem diminuindo sensivelmente à medida que o solo urbano se densifica e não se procede a substituição das plantas que foram cortadas ou simplesmente morreram (figura 1). Nas cidades americanas somente uma árvore é plantada para cada quatro removidas. New York, por exemplo, perdeu 20% de sua floresta urbana (175.000 árvores) no final de cada década passada.

### **A arborização como estratégia de resfriamento**

Uma das estratégias mais simples e mais baratas para conter o efeito da ilha de calor é aumentar o número de árvores e outras plantas na cidade. A vegetação resfria diretamente por sombreamento e indiretamente através da evotranspiração, processo pelo qual as plantas produzem o vapor de água.

A poupança energética 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.

Em situações específicas, a poupança por sombreamento pode ser *importante*. No sul da Flórida, pesquisadores estimaram que árvores e arbustos próximos à edificação podem reduzir os custos de condicionamento artificial de verão em 40%. Medidas muito simples podem poupar dinheiro. Dados de Pennsylvania indicam que a sombra pode reduzir o custo de refrigeração de uma pequena casa em até 75%.

Os efeitos da evapotranspiração são mais difíceis de quantificar, mas simulações computacionais estimam que o plantio de três árvores em cada casa nas orientações norte, leste e oeste poderia resultar numa poupança energética de refrigeração de 30% em Sacramento, Califórnia, 17% em Phoenix, Arizona, e 23% em Lake Charles, Louisiana. A sombra é responsável por cerca de 10% a 35% dessas poupanças e os resultados restantes de temperaturas menores provocadas pela evapotranspiração.

As árvores são uma maneira relativamente barata de acompanhar esta poupança energética. De acordo com as pesquisas do Lawrence Berkely Laboratory, custa cerca de US\$ 0,001 para reduzir a demanda de pico energético de 1 kWh plantando árvores. O custo da poupança para o mesmo kWh por investimentos na melhora da eficiência elétrica é de cerca de US\$ 0,025. Um kWh gerado por uma nova planta de fornecimento de energia elétrica custa US\$ 0,10.

O interesse no plantio de árvores como uma medida de resfriamento está aumentando nos EUA. A Companhia de Reflorestamento (American Forest) iniciou seu programa de Resfriamento das Comunidades em janeiro de 1992, coletando informação para diferentes áreas geográficas sobre os custos e benefícios do plantio de árvores para resfriamento. Oito comunidades: Austin, Texas, Oklahoma, Springfield, Illinois, Davis-Monthan Air Force Base próxima de Tucson, Arizona e Tucson, Arizona, plantarão árvores e registrarão os resultados.

### **Benefícios adicionais às árvores**

O Programa Árvores para Tucson é um *ramal* da Companhia Tucson Limpa e Linda, uma organização sem fins lucrativos, fundada pelo governo e por particulares, que ajudam com doações. O Programa está afiliado ao American Forests Global ReLeaf.

Árvores para Tucson apóia o plantio de árvores e fornece informação para os usuários, grupos de vizinhos e escolas, sobre espécies de baixo consumo de água apropriadas para o ambiente local, assim como a localização ótima das plantas para a conservação de água e de energia. Indivíduos e grupos podem ser envolvidos de várias maneiras: plantando árvores, promovendo o plantio de árvores numa rua através de uma organização, sendo voluntários para plantar árvores numa escola ou criando um programa de plantio para ela. Ou, ainda, sendo membros do Programa Árvores para Tucson, estimulando a comunidade no sentido de que se responsabilize pelas árvores urbanas (ensinando a plantar, manter, fertilizar e curar as pragas mais comuns que atingem as árvores urbanas). Esforços educacionais incluem encontros de trabalho e seminários que enfatizem o uso das árvores no resfriamento urbano. A Companhia Elétrica de Tucson é responsável pelas publicações.

Embora não se disponha de dados sobre a conservação de energia válidos para muitos anos, o U.S. Forest Service Study estima benefícios líquidos de US\$ 236,5 milhões durante os próximos 40 anos. De acordo com os cálculos da cidade, cada árvore poupará 227 kWh (US\$ 16,34) através do resfriamento por evapotranspiração e 61 kWh (US\$ 4,39) através do sombreamento direto. Oficialmente também se estima que o plantio de 500.000 árvores poderá trazer à cidade uma economia de US\$ 600.000 na administração da drenagem das tormentas em 40 anos.

Os programas de plantio de árvores representam uma rara oportunidade para o cidadão promover a diminuição dos custos de refrigeração no seu ambiente urbano, principalmente nas regiões úmidas. Daí a sua relevância em tempos de crise de energia.

**Juan Luis Mascaró** é engenheiro civil, doutor em Arquitetura e professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

[mascaro\\_juan@conex.com.br](mailto:mascaro_juan@conex.com.br)

**Lucia Mascaró** é arquiteta, doutora em Arquitetura e professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

[lear@conex.com.br](mailto:lear@conex.com.br)

**Clarissa M. L. S. Aguiar** é arquiteta, mestre em Arquitetura e pesquisadora do Grupo de Economia e Habitabilidade do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

[cla@povox.com](mailto:cla@povox.com)