



## **Espalhamento urbano: mito ou realidade no Brasil? O caso das cidades médias**

### **Renato da Silva Lima**

*Aluno do programa de Doutorado em Transportes da  
Escola de Engenharia de São Carlos da USP  
E-mail: rslima@sc.usp.br*

### **Antônio Néelson Rodrigues da Silva**

*Professor associado da Escola de Engenharia de São  
Carlos da USP  
E-mail: anelson@sc.usp.br*

### **Peter van der Waerden**

*Pesquisador do Grupo de Planejamento Urbano da  
Eindhoven University of Technology, Holanda  
E-mail: p.j.h.j.v.d.waerden@bwk.tue.nl*

Desenvolvimento sustentável é hoje em dia uma questão bastante relevante e tópico de pesquisa freqüente nos países em desenvolvimento. Um aspecto fortemente relacionado ao conceito de sustentabilidade é o modo com que as redes de vias e os contornos das cidades são formados. Os custos do espalhamento urbano e a busca por uma forma urbana ideal são algumas das questões em que vários pesquisadores têm trabalhado nos últimos 30 anos, como mencionado por Souza e Silva (1998). Um estudo que ilustra bem as preocupações dos formuladores de políticas urbanas nos anos 70 do século XX, *Os custos do espalhamento* (Real Estate Research Corporation, 1974), é um dos mais significativos trabalhos sobre padrões alternativos de desenvolvimento urbano. Alguns anos mais tarde, no final das décadas de 80 e 90, alguns autores revisaram a literatura e apresentaram diferentes conclusões sobre a forma urbana ideal. Newman e Kenworthy (1988 e 1989), por exemplo, apresentaram três estratégias que podem economizar energia através de uma melhor utilização do solo urbano, que são: densificação, centralização e políticas de restrição de tráfego, que incluem a melhoria do transporte público.

Outros autores - Audirac e Zifou (1989), Gordon e Wong (1985) e Gordon e Richardson (1989) - rejeitaram as estratégias de centralização, defendendo padrões urbanos multinucleados como os mais econômicos e a única estratégia de desenvolvimento capaz de satisfazer plenamente as preferências do consumidor por moradias em regiões de baixa densidade populacional. Trabalhos mais recentes mostram que a preocupação com o tema e o debate continuam (Breheny, 1992; New-

man, 1992; Gordon e Richardson, 1997; Ewing, 1997; Jenks e Burgess, 2000; Kenworthy e Laube, 1999 e 2000; Talen, 2001; e Burton, 2002).

Contradições em relação à compacidade das cidades são comentadas em Jenks *et al.* (1996). Eles ressaltam os benefícios dessa forma de cidade, como a redução das necessidades por transportes e da emissão de poluentes, uma utilização mais eficiente da infra-estrutura urbana, a preservação de áreas agrícolas e as diversidades social e cultural. Por outro lado, também apresentam a poluição, perda da qualidade urbana e redução de espaços abertos como contra-argumentos.

Uma avaliação final de todos os estudos citados acima revela que as conclusões com relação à melhor alternativa de crescimento urbano estão divididas entre cidades mais compactas, com um centro ativo e transporte público de boa qualidade, e cidades multinucleadas, teoricamente capazes de servir ao automóvel e fornecer uma opção de transporte àqueles que não podem dirigir. É importante ressaltar, no entanto, que apesar dos diferentes pontos de vista, alguns países já estão adotando políticas urbanas para encorajar maiores densidades, baseadas em teorias de sustentabilidade das cidades compactas (Verroen, 1995, *apud* Snellen, 2001). Estes são os casos da Austrália e alguns países da Europa (Newman, 1992; Jenks *et al.*, 1996; Kenworthy e Laube, 1999 e 2000).

Em resumo, as áreas e redes viárias urbanas seguem dois padrões diferentes nos países industrializados. Um dos tipos é bem representado pelas cidades americanas, que são espalhadas e altamente dependentes do automóvel. De outro lado, as cidades européias são geralmente descritas como mais compactas e orientadas ao transporte público. Os políticos e planejadores urbanos das cidades do segundo grupo, no entanto, estão publicamente comprometidos a buscar padrões de sustentabilidade. Aparentemente, estas cidades estão alcançando este objetivo, o que pode significar que seus padrões urbanos devam ser uma referência para cidades de países em desenvolvimento, ao contrário das cidades americanas.

A principal motivação para o presente estudo é o fato de os países em desenvolvimento não terem, em geral, dado muita atenção aos problemas aqui apontados, devido a diferentes pressões decorrentes de problemas sociais e econômicos, conforme citado em ANTP, 2001. O objetivo deste trabalho é analisar, comparativamente, características de algumas cidades médias brasileiras e estrangeiras definidas a partir de sua rede viária, com o intuito de identificar o padrão do qual elas se aproximam, se o das cidades espalhadas e dependentes do automóvel, ou se aquele das cidades mais compactas e portanto melhor adaptadas aos sistemas de transporte público. As análises, efetuadas num ambiente de sistemas de informações geográficas, foram basea-

das numa medida tradicional de acessibilidade, que é a separação média entre as interseções da rede viária da cidade.

Em uma extensão do que havia sido proposto em Silva *et al.* (1999), a medida foi aplicada em oito cidades médias brasileiras, duas americanas e uma europeia, para posterior comparação dos resultados. Além disso, os valores de acessibilidade foram comparados em relação a um valor de acessibilidade considerado como ideal, do ponto de vista da compacidade das cidades. Dessa forma, foi possível comparar a compacidade das cidades brasileiras com a europeia e as americanas. Foram também estudadas algumas variantes do índice proposto como ideal, incluindo algumas variações na densidade populacional, cujos resultados foram também comparados entre as cidades estudadas.

Este artigo é dividido em cinco partes. A seção seguinte contém uma rápida descrição do índice utilizado para a análise das redes urbanas e das cidades selecionadas para este estudo. Logo após, são apresentados, comparados e discutidos os resultados das avaliações das redes urbanas estudadas. Por fim, a última seção, anterior à lista de referências bibliográficas, contém as conclusões.

## UM PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DE REDES URBANAS

Um ponto importante para o estudo aqui proposto era a identificação ou mesmo a construção de algum tipo de ferramenta analítica para a avaliação das redes urbanas. Ela deveria ser flexível o suficiente para permitir comparações entre as cidades e, adicionalmente, deveria ser simples, porque não havia muitos dados em comum disponíveis para todas as cidades estudadas. Algumas medidas de acessibilidade aos transportes se adequam perfeitamente a esta definição, particularmente aquelas que se baseiam apenas nos elementos gráficos das redes.

Acessibilidade é um conceito com muitas definições diferentes, baseadas numa grande variedade de teorias. Uma definição geral é a de Ingram (1971) que afirma que a acessibilidade pode ser definida “como uma característica (ou vantagem) inerente a um local com relação a alguma medida espacial de fricção ao deslocamento (por exemplo, tempo e/ou distância)”. Ela pode também ser caracterizada pelas oportunidades disponíveis para indivíduos fazerem uso do sistema de transportes.

Allen *et al.* (1993) apresentaram também uma nova visão da acessibilidade, aprofundando o trabalho de Ingram (1971), criando um índice denominado *E*. Este índice é capaz de representar a acessibilidade de uma região inteira, permitindo comparações entre regiões e não apenas entre pontos dentro de uma mesma região, ou seja, é perfeitamente adequado para a avaliação aqui proposta. A característica

comum entre o índice de Ingram (1971) e a medida proposta por Allen *et al.* (1993) é que ambos definem acessibilidade somente como uma medida de esforço para superar a separação espacial entre dois pontos dentro de uma área. Eles tampouco consideram características de demanda-oferta ou aspectos comportamentais em seus modelos. Desse modo, elas são medidas de acessibilidade simples, uma vez que não necessitam de muitos dados.

O índice  $E$ , ou índice de acessibilidade global, que pode ser tomado como elemento de comparação de acessibilidade, devido à sua capacidade de representar de forma agregada o nível de acesso de uma região ou da cidade como um todo, nada mais é do que a média de todas as distâncias médias para toda a cidade, conforme a equação 1.

$$E = \frac{1}{N} \sum_i \frac{1}{N-1} \sum_j C_{ij} \quad (1)$$

Onde:

$E$  = índice de acessibilidade global;

$C_{ij}$  = custo percebido pelo viajante entre as zonas  $i$  e  $j$ ;

$N$  = número de pontos utilizados no cálculo (nós da rede viária).

Pooler (1995) questionou o trabalho de Allen *et al.* (1993), afirmando que ele nada mais é do que o tempo médio de viagem, o qual não é novo na literatura. Ele também enfatiza que a revisão da literatura foi limitada a 30 anos, quando deveria ser muito mais extensa em termos temporais (pelo menos 50 ou 60 anos). Assim sendo, Allen *et al.* (1993) não buscaram as reais origens do seu índice, que parece estar na teoria dos grafos. Entretanto, a crítica a esse índice parece exagerada, pois o tempo médio (ou mesmo a distância média) de viagem pode ser uma informação importante em várias aplicações no planejamento de transportes. Este é o caso da aplicação aqui relatada.

Por sua capacidade de servir como parâmetro de referência para uma cidade inteira, Lima e Silva (1999) utilizaram o índice  $E$  para estudar a influência da forma geométrica das cidades nos valores de acessibilidade intra-urbana, comparando os valores de acessibilidade de duas cidades médias brasileiras com cidades hipotéticas de diferentes formas (retangulares, quadradas, circulares, entre outras), com aproximadamente o mesmo número de interseções do sistema viário. Lima *et al.* (2000) aprofundaram esse estudo, calculando o índice  $E$  para cidades circulares de diversos tamanhos e desenvolvendo uma equação que permite calcular o mesmo índice para cidades circulares com qualquer número de interseções.

A forma da cidade circular foi tomada como referência devido ao seu alto grau de compacidade. As ruas nessa cidade hipotética formam

uma grade regular com aproximadamente o mesmo padrão encontrado nas cidades reais (definido pelo tamanho da quadra). Teoricamente, essa forma de cidade tem um valor bastante baixo para o índice de acessibilidade global. Isso implica que, quanto mais perto uma cidade real está do valor de  $E$  de uma cidade circular correspondente, melhor é a configuração de sua rede urbana. Assim, o índice  $E$  foi tomado como elemento de comparação entre redes urbanas, devido à sua capacidade de representar de forma agregada o nível de acesso de uma área, e o índice  $E$  para a cidade circular (com o mesmo número de interseções da cidade estudada) foi tomado como índice ideal de compacidade para a cidade.

Mais ainda, a equação apresentada em Lima *et al.* (2000) para o cálculo do índice de acessibilidade global em cidades circulares leva em conta simplesmente o número de nós da malha viária, mas pode ser desenvolvida de modo a incluir valores de densidade populacional para o cálculo do índice  $E$  para a cidade circular. A partir de valores de população e de densidade urbana, é possível estimar quais seriam os valores de  $E$  ideal para um determinado cenário (por exemplo, qual seria a redução no valor de  $E$  quando se buscasse uma densidade urbana de 50 hab/ha, ou 100 hab/ha, numa cidade bastante compacta). A partir do desenvolvimento matemático da equação básica de Lima *et al.* (2000), chega-se à equação 2, uma vez que, para uma cidade circular, com quadras de 100 por 100 metros, o número de nós (interseções) do sistema viário é igual ao número de habitantes dividido pela densidade populacional em habitantes por hectare.

$$E_{cd} = 0,0651 (P/D)^{0,4995} \quad (2)$$

onde:

$E_{cd}$  = índice de acessibilidade global para uma cidade circular com densidade  $D$  (km);

$D$  = densidade populacional (hab/ha);

$P$  = população urbana.

Os autores estudaram particularmente os valores de densidade populacional de 50 e 100 hab/ha (embora segundo Silva, 1998, em cidades médias brasileiras os valores de densidade fiquem apenas entre 20 e 35 hab/ha, dependendo dos vazios urbanos), cujo valor de  $E_{cd}$  para uma cidade com  $P$  habitantes é dado pelas equações 3 e 4, respectivamente:

$$E_{cd50} = 0,0092 P^{0,4995} \quad (3)$$

$$E_{cd100} = 0,0065 P^{0,4995} \quad (4)$$

A partir da definição desses parâmetros, oito cidades médias brasileiras, com população urbana variando de cerca de 150.000 a 300.000 habitantes (dados da contagem populacional do IBGE de 1996), duas

americanas e uma holandesa foram selecionadas para esse estudo. As cidades selecionadas e algumas de suas características gerais são apresentadas na tabela 1, enquanto um *layout* das cidades, na mesma escala, é apresentado na figura 1, na qual o espalhamento das cidades norte-americanas já é visível.

**Tabela 1**  
**Características gerais das cidades selecionadas**

Cidade	Estado ou país	População urbana (1996)	Área urbana (ha)	Densidade (hab/ha)
Araraquara	SP	158.389	7.754	20,4
Presidente Prudente	SP	162.339	7.188	22,6
São Carlos	SP	164.103	5.205	31,5
Marília	SP	170.746	7.020	24,3
Columbus (GA)	EUA	178.701	28.972	6,2
Madison (WI)	EUA	191.262	24.684	7,7
Eindhoven	HOL	195.171	6.480	30,1
Limeira	SP	196.577	5.858	33,6
Maringá	PR	260.955	12.826	20,3
Bauru	SP	287.530	13.613	21,1
Piracicaba	SP	290.935	9.830	29,6

As cidades brasileiras selecionadas são exemplos típicos de cidades médias que surgiram no final século XIX e início do século XX no processo de colonização dos estados de São Paulo e Paraná. Em termos de tempo de existência, as cidades brasileiras e as norte-americanas são bastante similares, apesar de algumas diferenças nas suas estruturas urbanas serem agora evidentes. Essas diferenças surgiram principalmente após a Segunda Guerra Mundial, quando as cidades americanas começaram a ser moldadas pelo e para o automóvel. Por outro lado, a origem de muitas das cidades européias remonta a vários séculos atrás, e suas estruturas atuais foram inquestionavelmente influenciadas pelos *layouts* originais. Inicialmente, apenas a cidade de Madison foi tomada para a análise na América do Norte, mas a evidência de que alguns grandes lagos localizados na região urbana poderia influenciar fortemente os resultados condicionou a seleção de outra área urbana.

Em uma primeira análise, o próprio valor da densidade populacional bruta, que consta na tabela 1, já serviria como um indicador do grau de espalhamento das cidades, vindo a reforçar a observação anterior de que as cidades norte-americanas são muito espalhadas e que a cidade holandesa é muito compacta. Estes valores, no entanto, não

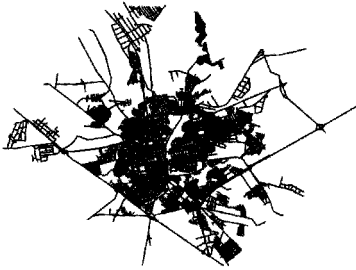
são capazes de capturar diferenças nos padrões globais de forma das cidades e, menos ainda, das configurações de suas redes viárias. Por este motivo, apesar de não haver uma variação expressiva nos valores de densidade populacional entre várias cidades brasileiras, e mesmo entre algumas das cidades brasileiras e a cidade holandesa, há claras diferenças no padrão de espalhamento das mesmas que podem ser detectadas inclusive visualmente através da figura 1. Este seria o caso, por exemplo, das cidades de Limeira, São Carlos, Eindhoven e Piracicaba que, embora possuam densidades variando entre 29,6 e 33,6 (tabela 1), apresentam padrões de configuração da rede viária visivelmente diferentes (figura 1).

### CÁLCULO DO ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE

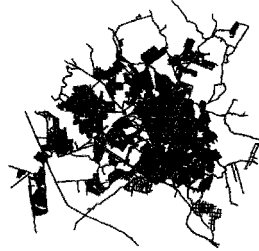
O cálculo do índice de acessibilidade foi realizado em um sistema de informações geográficas (SIG) para aplicações em transportes. As ruas são representadas nos mapas pelos seus eixos e cada trecho começa e termina em um nó (algumas vezes chamado de interseção neste texto). O cálculo do índice de acessibilidade, cujo procedimento é descrito detalhadamente em Raia Jr. e Silva (1998), foi aqui realizado para todos os nós na rede de ruas das cidades estudadas. O custo percebido na equação (1) foi sempre a menor distância entre todos os pares de nós contidos na rede. O cálculo dos menores caminhos, primeiro passo no cálculo do índice de acessibilidade global para as 11 cidades, foi facilmente realizado com as ferramentas disponíveis no *software* e os resultados foram armazenados em arquivos de matrizes.

O índice  $E$  foi calculado para as onze cidades, em quatro variantes: índice  $E_{real}$ , referente à aplicação direta da equação 1, indicando o valor encontrado para a acessibilidade integral de Allen *et al.* (1993) na respectiva cidade; índice  $E_{ideal}$ , obtido a partir da equação 2, que representa o valor do índice  $E$  encontrado para uma cidade circular correspondente à cidade em questão (com o mesmo número de interseções); e índices  $E_{dens50}$  e  $E_{dens100}$ , que apresentam os valores de acessibilidade que seriam encontrados em cidades circulares com densidades de 50 e 100 hab/ha, respectivamente (equações 3 e 4). Os valores obtidos para as diferentes variantes do índice  $E$ , para as diferentes cidades, bem como o número de nós da rede viária em cada situação, são apresentados na tabela 2.

**Figura 1**  
**Visão geral, na mesma escala, das cidades selecionadas para o estudo, com as respectivas populações**



Araraquara  
(158.389)



Presidente Prudente  
(162.339)



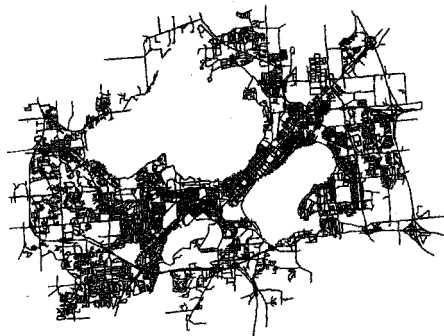
São Carlos  
(164.103)



Marília  
(170.746)



Columbus  
(178.701)



Madison  
(191.262)

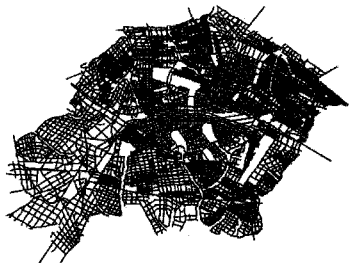




Eindhoven  
(195.171)



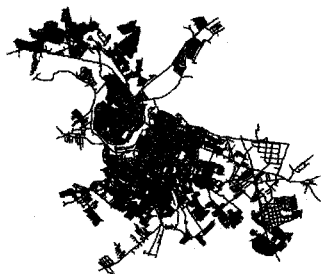
Limeira  
(196.577)



Maringá  
(260.955)



Bauru  
(287.530)



Piracicaba  
(290.935)



2 0 2 4 6 8 Km

**Tabela 2**  
**Cálculo do índice  $E$** 

Cidade	População 1996	Nós	$E_{real}$	$E_{circ}$	Nós	$E_{dens50}$	Nós	$E_{dens100}$
Araraquara	158.389	4.893	5,66	4,53	3.168	3,65	1.584	2,58
Presidente Prudente	162.339	5.323	6,01	4,73	3.247	3,69	1.624	2,61
São Carlos	164.103	4.957	5,23	4,56	3.283	3,71	1.642	2,63
Marília	170.746	5.301	6,32	4,72	3.415	3,79	1.708	2,68
Eindhoven	195.171	5.814	4,98	4,94	3.904	4,05	1.952	2,87
Limeira	196.577	4.872	4,97	4,52	3.932	4,07	1.966	2,88
Maringá	260.955	7.268	6,70	5,53	5.220	4,68	2.610	3,31
Bauru	287.530	10.518	7,49	6,65	5.751	4,92	2.876	3,48
Piracicaba	290.935	6.372	7,11	5,17	5.819	4,94	2.910	3,50
Columbus	178.701	8.498	9,69	5,97	3.575	3,88	1.788	2,74
Madison	191.262	7.228	10,37	5,51	3.826	4,01	1.913	2,84

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos valores dos índices  $E_{real}$  e dos calculados em função das cidades circulares, com ou sem variações de densidade, é razoável supor que as melhores cidades, em termos de distribuição da malha urbana (ou de maior compacidade), são aquelas que apresentam, proporcionalmente, as menores diferenças entre o índice  $E_{real}$  e os índices  $E_{circ}$ ,  $E_{dens50}$  e  $E_{dens100}$ . A tabela 3 apresenta novamente os valores das diversas variantes do índice  $E$  e as variações percentuais dos índices  $E_{circ}$ ,  $E_{dens50}$  e  $E_{dens100}$  em relação a  $E_{real}$ . As cidades aparecem agora em ordem crescente da variação percentual de  $E_{real}$  para  $E_{circ}$ . As análises serão feitas, primeiramente, comparando as cidades brasileiras com as estrangeiras (panorama internacional) e, a seguir, comparando as cidades brasileiras entre si (panorama nacional).

### Panorama internacional

Analisando-se a variação percentual dos índices  $E_{real}$  e  $E_{circ}$ , percebe-se claramente que a cidade européia apresenta a maior compacidade, enquanto as americanas, as menores. Eindhoven tem seu índice  $E_{real}$  apenas 0,8% menor que  $E_{circ}$ , enquanto que nas cidades de Columbus e Madison, essa diferença é de 38,4% e 46,9%, respectivamente. Normalizando entre 0 e 1 os valores entre a menor e maior diferença percentual, e dispondo todas cidades nesta mesma escala (figura 2), observa-se que a maioria das cidades brasileiras estudadas

está situada mais próximo ao padrão de maior compacidade (valores próximos do zero), aqui denominado de padrão europeu (valores normalizados menores que 0,50), do que ao de maior espalhamento, denominado de padrão americano (valores normalizados entre 0,50 e 1,00). No entanto, algumas cidades, principalmente Piracicaba e Marília, já estão mais inclinadas ao padrão americano do que ao holandês. Obviamente, alguns outros fatores podem influir para essa baixa compacidade, entre eles fatores físicos ou geográficos. No caso de Marília, por exemplo, observa-se pelo mapa da figura 1 que a expansão da cidade seguiu claramente o desenho da estrada de ferro.

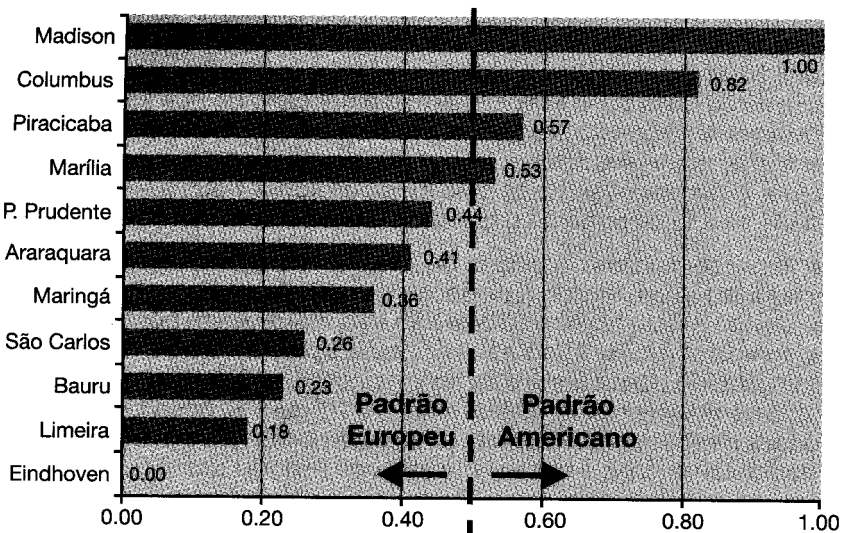
De forma semelhante, a cidade de Madison também sofre a influência de fatores físicos, devido à presença de grandes lagos na região urbana. Devido a isso, talvez a cidade não seja inclusive um bom parâmetro de comparação. Retirando-a da comparação, a cidade com menor compacidade passa a ser a também americana Columbus, e normalizando-se novamente os valores entre 0 e 1 (figura 3), observa-se que as cidades de Presidente Prudente e Araraquara passam a estar mais para o padrão americano (valores normalizados maiores que 0,50).

Com relação aos índices  $E_{dens50}$  e  $E_{dens100}$ , a situação é praticamente a mesma. No caso da densidade de 50 hab/ha, Eindhoven precisaria ver reduzido em cerca de 17% seu índice  $E_{real}$  para atingir o valor de  $E_{dens50}$ , enquanto as cidades americanas necessitariam de reduções da ordem de 60%. No caso de  $E_{dens100}$ , hipótese com valor relativamente elevado para uma densidade urbana bruta, as reduções necessárias seriam de cerca de 40% para Eindhoven e de 70% nas cidades americanas.

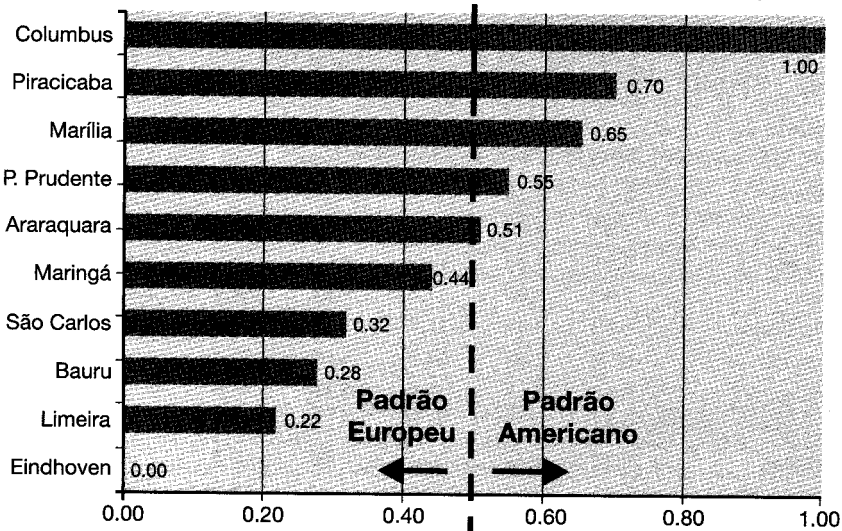
**Tabela 3**  
Variações percentuais em relação ao índice  $E_{real}$

Cidade	$E_{real}$	$E_{circ}$	%	$E_{dens50}$	%	$E_{dens100}$	%
Eindhoven	4,98	4,94	0,8	4,12	17,3	2,91	41,5
Limeira	4,97	4,52	9,0	4,07	18,2	2,88	42,1
Bauru	7,49	6,65	11,3	4,92	34,4	3,48	53,6
São Carlos	5,23	4,56	12,7	3,71	29,0	2,63	49,8
Maringá	6,70	5,53	17,5	4,68	30,1	3,31	50,6
Araraquara	5,66	4,53	19,9	3,65	35,5	2,58	54,4
Presidente Prudente	6,01	4,73	21,3	3,69	38,5	2,61	56,5
Marília	6,32	4,72	25,3	3,79	40,1	2,68	57,6
Piracicaba	7,11	5,17	27,2	4,94	30,5	3,50	50,8
Columbus	9,70	5,97	38,4	3,88	60,0	2,74	71,7
Madison	10,37	5,51	46,9	4,01	61,3	2,84	72,6

**Figura 2**  
Valores normalizados de compacidade (por Eindhoven e Madison)



**Figura 3**  
Valores normalizados de compacidade (por Eindhoven e Columbus)



Os altos valores encontrados para as cidades americanas parecem ser uma conseqüência direta do uso massivo do automóvel como modo de transporte principal. Isso contribui para o surgimento de cidades espalhadas, onde as distâncias de viagens intra-urbanas são geralmente grandes. Por outro lado, as cidades européias (particularmente a holandesa) contam mais intensivamente com modos de transporte público que funcionam melhor com as maiores densidades populacionais encontradas em cidades mais compactas.

Esse último padrão parecia ser, pelo menos até um passado recente, o mesmo observado nas cidades médias brasileiras. No entanto, num estudo anterior a esse (Silva *et al.*, 1999), no qual estudou-se a expansão urbana de São Carlos e Araraquara na segunda metade do século XX, observou-se que as cidades estudadas vêm se espalhando num ritmo bastante intenso, aproximando-se cada vez mais do padrão americano. Isso agora pode ser parcialmente corroborado com os resultados encontrados, mais especificamente para as cidades de Piracicaba, Marília, Presidente Prudente e Araraquara. A poderosa indústria automobilística está certamente desempenhando um papel fundamental em todo este processo ao tentar vender o sonho do carro próprio também aos cidadãos brasileiros.

### **Panorama nacional**

No que concerne às cidades brasileiras, Limeira é a que apresenta a maior compacidade entre as cidades estudadas, com uma diferença de apenas 9% entre o valor de  $E_{real}$  e  $E_{circ}$ , seguida de Bauru e São Carlos. Por outro lado, Piracicaba é a que apresenta o pior desempenho, com diferença de 27%, evidenciando um alto grau de espalhamento. Essas conclusões podem ser corroboradas com a análise visual dos mapas das cidades apresentados na figura 1.

Quando se considera a variação percentual entre  $E_{real}$  e  $E_{dens50}$ , ou seja, quando se procura uma maior compacidade associada ao aumento das densidades urbanas, a cidade de pior desempenho entre as brasileiras passa a ser Marília. Limeira continua com o melhor desempenho e Piracicaba salta várias posições, apresentando desempenho pior apenas que Limeira, e praticamente o mesmo que Maringá e São Carlos (em termos de diferenças percentuais entre os valores de  $E_{real}$  e  $E_{dens50}$ ). Na comparação entre  $E_{real}$  e  $E_{dens100}$  (num cenário que se poderia chamar de otimista, uma vez que é um valor raro, senão inexistente, em cidades médias brasileiras), o ordenamento das cidades é o mesmo da situação anterior, agora com maiores valores para as diferenças percentuais.

## CONCLUSÕES

O objetivo desse trabalho foi analisar, comparativamente, características da forma de algumas cidades médias brasileiras e estrangeiras definidas a partir de sua rede viária, a fim de identificar o padrão urbano do qual mais se aproximam atualmente: se o das cidades americanas, que são espalhadas e fortemente dependentes do automóvel, ou se aquele das cidades européias, que são caracterizadas, na maioria das vezes, como mais compactas e melhor adaptadas aos sistemas de transporte público. Adicionalmente, foram estudados alguns índices considerados ideais do ponto de vista da compacidade das cidades, hipoteticamente encontrados em cidades circulares com quadras regulares. No caso específico do índice para a cidade circular ( $E_{circ}$ ), a cidade hipotética tem o mesmo número de interseções no sistema viário que a cidade correspondente ( $E_{real}$ ), o que já não ocorre nos cenários com variações nas densidades urbanas ( $E_{dens50}$  e  $E_{dens100}$ ).

O índice de acessibilidade aqui utilizado, que é basicamente uma média de distâncias percorridas em uma rede, parece funcionar bem para o tipo de análise proposta nesse estudo. Embora sua formulação seja bem simples, esse índice pode ser usado para comparar níveis globais de acessibilidade da rede viária de diferentes áreas, como foi feito aqui. Além disso, partindo-se da hipótese ideal de compacidade (cidade circular regular), é possível comparar a situação real com a chamada situação ideal, incluindo aí alguns cenários com variação hipotética de densidade populacional urbana, que se refletem na configuração da cidade e de sua rede viária.

Os resultados encontrados ressaltam as diferenças que existem ao se utilizar, para análises do espalhamento urbano, a medida aqui considerada e a densidade populacional. Esta última, embora seja importante para medir o grau de dispersão de uma cidade, não consegue capturar aspectos particulares da sua configuração. Com qualquer das duas medidas os valores encontrados evidenciam claramente o espalhamento urbano americano. Com a medida aqui proposta, no entanto, foi possível avançar um pouco mais nas análises, e os seus resultados mostram que, em termos de diferenças percentuais entre o índice de acessibilidade real e o ideal, o padrão de espalhamento das cidades brasileiras parece estar dividido entre o padrão americano e o holandês. Apesar de algumas cidades apresentarem valores próximos ao padrão holandês, no entanto, parece existir uma tendência de aproximação do padrão americano quando se consideram os valores de acessibilidade observados nas últimas décadas em algumas cidades já estudadas anteriormente (para mais detalhes, ver Silva *et al.*, 1999).

Isto também se pode inferir a partir da constatação de que as maiores cidades brasileiras aqui estudadas não se mostravam mais compactas do que as menores. Se isto tivesse sido observado, poderia ser talvez

uma indicação de que as cidades naturalmente se tornam mais compactas ao crescer, o que não se verificou na amostra selecionada. Tudo isso parece ser reflexo imediato da utilização cada vez maior do automóvel como meio de transporte principal nas cidades médias brasileiras, em detrimento do transporte coletivo. Uma análise a longo prazo sugere que as cidades brasileiras devem se aproximar cada vez mais desse padrão americano se nada for feito nos próximos anos.

Apesar da relativa simplicidade da medida utilizada nas análises, o número de cidades estudadas foi limitado pela dificuldade de obtenção dos dados, com o nível de detalhe exigido sobre o sistema viário das mesmas. Assim sendo, uma análise envolvendo um maior número de cidades seria desejável, uma vez que daria maior suporte às conclusões aqui apontadas. Outra sugestão desse trabalho seria explorar a aproximação aqui utilizada para estimar os valores de acessibilidade global como uma ferramenta de planejamento para monitorar e, se necessário, reverter essa tendência de aparente espalhamento das cidades médias. Utilizando-se índices como o aplicado aqui, o impacto de novos loteamentos no índice de acessibilidade global da rede urbana poderia ser antecipado, como proposto por Lima *et al.* (2000). Esse procedimento requer apenas uma rede de referência definida *a priori*, como foi o caso da cidade circular aqui empregada.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - Fapesp pelo apoio financeiro oferecido ao projeto de pesquisa que deu origem a esse trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, W. B., LIU, D. e SINGER, S. (1993). Accessibility measures of U. S. metropolitan areas. *Transportation Research B - Methodological*, 27 (6): 439-449.
- ANTP (2001). Racionalidade e redução de custos levarão cidades a buscar novamente os sistemas de transporte público. *Informativo ANTP*, 79: 4-5.
- AUDIRAC, I. e ZIFOU, M. (1989). *Urban development issues: what is controversial in urban sprawl? An annotated bibliography of often overlooked sources*. CPL Bibliography 247, Chicago: Council of Planning Librarians.
- BREHENY, M. (1992). The compact city: an introduction. *Built Environment*, 18 (4): 241-246.
- BURTON, E. (2002). Measuring urban compactness in UK towns and cities. *Environment and Planning B - Planning & Design*, 29 (2): 219-250.
- EWING, R. (1997). Counterpoint: is Los Angeles-style sprawl desirable? *Journal of the American Planning Association*, 63 (1): 107-126.
- GORDON, P. e RICHARDSON, H. W. (1989). Gasoline consumption and cities - a reply. *Journal of the American Planning Association*, 55 (3): 342-346.
- GORDON, P. e RICHARDSON, H. W. (1997). Are compact cities a desirable planning goal? *Journal of the American Planning Association*, 63 (1): 95-106.

- GORDON, P. e WONG, H. L. (1985). The costs of urban sprawl: some new evidence. *Environment and Planning A*, 17 (5): 661-666.
- INGRAM, D. R. (1971). The concept of accessibility: a search for an operational form. *Regional Studies*, 5: 101-107.
- JENKS, M e BURGESS, R (eds.) (2000). *The compact cities: sustainable urban forms for developing countries*. London: Spon Press.
- JENKS, M., WILLIAMS, K. e BURTON, E. (1996). A sustainable future through the compact city? Urban intensification in the United Kingdom. *Environments by Design*, 1 (1): 5-21.
- KENWORTHY, J. R. e LAUBE, F. B. (1999). Patterns of automobile dependence in cities: an international overview of key physical and economic dimensions with some implications for urban policy. *Transportation Research A - Policy and Practice*, 33 (7-8): 691-723.
- KENWORTHY, J. R. e LAUBE, F. B. (2000). *An international sourcebook of automobile dependence in cities, 1960-1990*. Boulder, USA: University Press of Colorado, 737p.
- LIMA, R. S. e SILVA, A. N. R. (1999). The influence of city form on transportation accessibility. In: *International Conference on Modeling and Management in Transportation*, Cracow, Polônia: Cracow University of Technology. Anais, 2: 53-58.
- LIMA, R. S., SILVA, A. N. R., EGAMI, C. Y. e ZERBINI, L. F. (2000). Promoting a more efficient use of urban areas in developing countries: an alternative. *Transportation Research Record*, 1726: 8-15.
- NEWMAN, P. W. G. (1992). The compact city: an australian perspective. *Built Environment*, 18 (4): 285-300.
- NEWMAN, P. W. G. e KENWORTHY, J. R. (1988). The transport energy trade-off: fuel-efficient traffic versus fuel-efficient cities. *Transportation Research A - Policy and Practice*, 22 (3): 163-174.
- NEWMAN, P. W. G. e KENWORTHY, J. R. (1989). *Cities and automobile dependence: an international sourcebook*. Aldershot, England, Gower.
- POOLER, J. A. (1995). The use of spatial separation in the measurement of transportation accessibility. *Transportation Research B - Methodological*, 29 (6): 421-428.
- RAIA Jr., A. A. e SILVA, A. N. R. (1998). Um método expedito para verificação da consistência de redes para uso em um SIG-T. In: *12º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Fortaleza, Brasil. Anais, 2: 10-17.
- REAL ESTATE RESEARCH CORPORATION (1974). *The costs of sprawl: vol. 1, Executive summary, vol. 2, Detailed cost analysis, vol. 3, Literature review and bibliography*. Washington, D. C.: U. S. Government Printing Office.
- SILVA, A. N. R. (1998). Sistema de informações geográficas para o planejamento de transportes. São Carlos. 112 p. Tese (Livre-docência). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SILVA, A. N. R., LIMA, R. S. e WAERDEN, P. van der (1999). The evaluation of urban network patterns with a global accessibility index in a GIS environment. In: *6ª International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, Veneza - Itália. Anais... (em CD-Rom). Veneza, Istituto Universitario di Architettura di Venezia.
- SNELLEN, D. (2001). Urban form and activity-travel patterns: an activity-based approach to travel in a spatial context. Eindhoven, 251 p. Tese (doutorado) - Faculteit Bouwkunde, Technische Universiteit Eindhoven.
- SOUZA, L. C. L. e SILVA, A. N. R. (1998). Compact city: could this be an option for medium sized brazilian cities? In: Maldonado, E. e Yannas, S. (eds.), *Environmentally friendly cities. 15ª International Conference On Passive And Low Energy Architecture*, Lisboa, Portugal. London, James & James, p.103-106.
- TALLEN, E. (2001). Traditional urbanism meets residential affluence: an analysis of the variability of suburban preference. *Journal of the American Planning Association*, 67 (2): 199-216.