

## **AVALIAÇÃO DA “CAMINHABILIDADE” DE ZONAS URBANAS UTILIZANDO UM MÉTODO MULTICRITERIAL E SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**

**Marcelo Augusto Amancio**

**Suely da Penha Sanches**

Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana  
Universidade Federal de São Carlos

### **RESUMO**

Este artigo descreve uma dissertação de mestrado que está em desenvolvimento e cujo objetivo é formular um indicador de “*caminhabilidade*”, englobando as diversas variáveis que caracterizam a forma urbana e que podem levar as pessoas a optarem pelo modo a pé para a realização de suas atividades diárias. Com base na literatura pesquisada, foram selecionadas as variáveis que melhor representam os aspectos da forma urbana e considerou-se também a facilidade de obtenção dos dados necessários. As variáveis selecionadas são: densidade populacional, declividade média das vias, mistura de usos do solo (índice de entropia), comprimento de vias por hectare, índice de permeabilidade para pedestres e disponibilidade do serviço de transporte coletivo. Como diversas variáveis são utilizadas para caracterizar a forma urbana, será utilizado na formulação do indicador, um procedimento de análise multicriterial, que será implementado com o auxílio de um SIG. A análise multicriterial será dividida em quatro etapas: definição das variáveis que influenciam na “*caminhabilidade*”, definição dos pesos (importância das variáveis), normalização dos valores das variáveis, combinação das variáveis. Dentre os vários métodos para avaliação multicriterial, optou-se por este tipo de análise por ser adequado ao problema aqui tratado. Para testar a validade do indicador de “*caminhabilidade*” será realizado um estudo de caso na cidade de São Carlos – SP. Os valores dos indicadores serão estimados em nível de setor censitário e os dados sobre as viagens realizadas serão obtidos de diários de viagens. Pretende-se verificar se existe relação entre as características das viagens realizadas pelos indivíduos (modo de transporte utilizado e número e comprimento das viagens) e o valor do indicador de “*caminhabilidade*” em cada zona. Com este indicador será possível avaliar os espaços urbanos identificando-se as regiões mais atraente e quais aquelas que devem ser objeto de intervenção visando melhorar as condições da infra-estrutura oferecidas aos que optam pelo modo a pé para suas viagens diárias.

### **ABSTRACT**

This paper describes a master thesis that is being developed whose objective is to formulate a *walkability* index, comprising the several variables that characterize the urban form and that may encourage the individuals to choose walking as the mode of transport for their daily activities. The variables that best represent the urban form were selected from the literature, considering also the facility for obtaining the necessary data. The selected variables are: population density, average street declivity, land use mix (entropy index), street length per hectare, pedestrian permeability index and availability of transit services. Because several variables are used to characterize the urban form, a multicriterial analysis procedure, implemented in a SIG environment, will be used for the formulation of the index. The multicriterial procedure may be divided into four stages: definition of the variables that interfere in the walkability, definition of the variables weights, normalization of the variable values, and combination of the variables. Among the several multicriterial evaluation methods, this one was chosen because it is adequate for the problem treated in this research. In order to test the validity of the walkability indicator, a case study will be carried on with data from the city of São Carlos, SP. The indexes values will be estimated for each of the census tracts and data about the trips will be obtained from travel diaries. The existence of relationship between the individual's trips characteristics (transportation mode, number of trips and trip length) and the value of the walkability indexes will be verified. With this index it will be possible to identify the urban regions that are more attractive and those that should be objective of interventions in order to improve the infrastructure conditions, offered to individuals who choose walking for their daily trips.

### **1. INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas, vem sendo observado um crescimento da população nas áreas urbanas, devido à migração da população da área rural para as cidades em busca de uma vida melhor, e devido também ao crescimento natural da população das cidades, aumentando-se os problemas ambientais urbanos, a degradação da qualidade de vida nas cidades, e o

espalhamento das atividades urbanas, tornando a população cada vez mais dependente do uso dos modos de transporte motorizado, principalmente o modo motorizado individual.

Por outro lado, os modos de transporte não motorizados, em especial as viagens a pé oferecem vários benefícios para uma comunidade, incluindo economia nos custos do transporte, melhoria na qualidade de vida (Handy, 2002), redução dos impactos ambientais, maior equidade de acesso às atividades urbanas, etc. (Litman, 2003).

No entanto, num planejamento de transportes convencional, o modo a pé é, quase sempre, considerado secundário e a qualidade dos espaços para pedestres (*caminhabilidade*) recebe pouca ou nenhuma atenção da administração pública, pelo fato das viagens a pé serem, em geral, subestimadas nos levantamentos de demanda de viagens.

Esta pesquisa tem como objetivo propor a formulação de um indicador de “*caminhabilidade*”, que englobe os diversos aspectos da forma urbana que fazem com que uma determinada área apresente condições adequadas para caminhadas. O conceito de *caminhabilidade* (walkability, em inglês) tem sido utilizado em vários estudos para descrever a qualidade dos espaços para caminhada em termos de segurança, conforto e conveniência, onde estes espaços tornam-se atraentes a realização das viagens a pé (Moudon, 1997; Burden, 2001; Litman, 2003).

Alguns autores apontam que os fatores determinantes na escolha do modo de transporte são as características sócio-econômicas e as preferências dos indivíduos (McNally & Kulkarni, 1997; Crane & Crepeau, 1998). Verifica-se, porém, que a maior parte dos estudos encontrados na literatura, apontam para a importância da “*caminhabilidade*” na opção pelo modo a pé para as viagens cotidianas (Handy, 1996; Crane, 2000; Rodrigues, 2003; Barbugli, 2003).

## 2. VARIÁVEIS QUE CARACTERIZAM A FORMA URBANA

O Quadro 1 mostra as principais variáveis utilizadas na literatura pesquisada, para caracterizar a forma de uma zona urbana. As variáveis estão agrupadas em 5 aspectos descritos a seguir:

**Quadro 1 - Variáveis utilizadas para descrever a forma urbana**

ASPECTO	VARIÁVEIS	REFERÊNCIAS
Densidade	Densidade populacional (habitantes/ha) Densidade residencial (domicílios/ha)	VTPI, 2000; Boamet & Crane, 2001; Cervero & Kockelman, 1997; FHA, 2000; McNally & Kulkarni, 1997;
Diversidade do uso do solo	Índice de Entropia	Boamet e Crane, 2001; Cervero e Kockelman, 1997; FHA, 2000;
Desenho das vias	% de intersecções em cruz, % de intersecções em T, % de cul-de-sacs, número de quadras/ha, largura média das vias, comprimento de vias/ha, número de intersecções/km de vias, km de vias/ha, % da área da zona ocupada pelo sistema viário, Índice de Permeabilidade para Pedestres	Alan, 2001; Boamet e Crane, 2001; Cervero e Kockelman, 1997; Crane e Crepeau, 1998; Handy, 1996; McNally e Kulkarni, 1997;
Facilidades para pedestres	% de quadras com calçadas, % de quadras com arborização, % de quadras com iluminação, % de intersecções com semáforos, tamanho médio das quadras, largura média das calçadas, distância média entre postes de iluminação, declividade média das vias, % de intersecções com semáforos para pedestres, índice de qualidade do ambiente para pedestres	Dixon, 1996; Ferreira e Sanches, 2001; Sarkar, 1995
Disponibilidade	Oferta do serviço (frequência, capacidade e número de rotas),	(FHA, 2000; Handy, 1996; Henk

---

de transporte coletivo	cobertura do serviço (% de domicílios a uma distância adequada de caminhada de uma parada de ônibus)	e Hubbard, 1996).
------------------------	--	-------------------

---

### 3. METODOLOGIA DE TRABALHO

A primeira etapa da pesquisa (Revisão Bibliográfica) já foi realizada e resultou nas informações resumidas no Quadro 1. As próximas etapas do trabalho são descritas a seguir.

#### 3.1 Especificação do Indicador de Caminhabilidade

Pode-se verificar, no Quadro 1, que a descrição das características da forma urbana que incentivam as caminhadas (caminhabilidade) envolve inúmeras variáveis. Assim sendo, será utilizado na formulação do indicador, um procedimento de análise multicriterial, que pode ser dividido em 4 etapas (Ramos e Rodrigues, 2002; Lima, 2003):

a) Definição dos Critérios

A primeira etapa é a definição dos critérios (variáveis) que serão utilizadas na avaliação. Dentre as variáveis mostradas no Quadro 1, será selecionado um conjunto que seja abrangente, operacional, divisível, não redundante e mínimo.

b) Definição dos Pesos (Importância dos Critérios)

Quando se avalia um sistema considerando múltiplos critérios, é preciso determinar a importância relativa de cada um deles, de acordo com o ponto de vista dos decisores, ou seja, atribuir um peso a cada um dos critérios. Para tanto, será realizada uma pesquisa, com profissionais da área de transportes, utilizando um método baseado na comparação de critérios par a par.

c) Normalização dos critérios

Para que os valores dos diferentes critérios possam ser agregados em um único indicador, eles devem ser normalizados. Serão utilizadas nessa normalização, funções *fuzzi*, através das quais, o conjunto de valores expressos em diferentes escalas será convertido para outro, expresso numa escala normalizada (por exemplo, entre 0 e 1)

d) Combinação dos critérios

Depois da normalização, os critérios serão agregados através de uma Combinação Linear Ponderada.

#### 3.2 Aplicação do Indicador

Será realizado um estudo de caso na cidade de São Carlos, SP, utilizando-se como ferramenta para as análises um Sistema de Informações Geográficas (TransCAD). Os valores da “caminhabilidade” serão calculados em nível de setor censitário. Muitos dos dados necessários para o cálculo já estão disponíveis, tendo sido levantados em pesquisas anteriores. Eventuais dados complementares serão coletados nesta pesquisa.

A validade do indicador de “caminhabilidade” baseia-se nos diários de viagens preenchidos por alunos do curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, verificando se existe relação entre as características das viagens realizadas pelos indivíduos (comprimento da viagem, modo de transporte utilizado e número de viagens) e o valor do indicador de “caminhabilidade”. Embora esta amostra se restrinja a apenas um segmento dos moradores da cidade, ela será utilizada já que as dificuldades inerentes a uma pesquisa de mestrado impedem que seja coletada uma amostra mais abrangente.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formulação de um indicador de “*caminhabilidade*” poderá ser útil na identificação de zonas da cidade com potencial para gerar viagens a pé e pode ser incluído em um sistema de apoio à decisão de aplicações de investimentos na infra-estrutura para pedestres, além de contribuir para as pesquisas na área de transporte no Brasil.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAN, A. Walking as a local transport modal choice in Adelaide. **World Transport Policy & Practice**, Vol.7, No. 2, p. 44 –51, 2001
- BARBUGLI, M. T. S. **Forma Urbana e Transporte Sustentável: Relacionamento entre as características físicas da forma urbana e as viagens realizadas a pé**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.
- BOARNET, M.; CRANE, R. The influence of land use on travel behavior: specification and estimation strategies. **Transportation Research, Part A** 35, p. 823 – 845, 2001
- BURDEN, D. Building Communities With Transportation, **Transportation Research Board**, 2001.
- CERVERO, R.; KOCKELMAN, K. Travel demand and the 3D's: density, diversity and design. **Transportation Research, Part D**, No. 3, p.199-219, 1997.
- CRANE, R.; CREPEAU, R. Does neighborhood design influence travel? A behavior analysis of travel diary and GIS data. **Transportation Research, Part D**, Vol.3, No. 4, p.225-238, 1998
- CRANE, R. “The Influence of Urban Form on Travel: An Interpretative Review.” **Journal of Planning Literature** 15(1): 3-23, 2000.
- DIXON, L. B. Bicycle and Pedestrian Level-of-Service Performance Measures and Standards for Congestion Management Systems. **Transportation Research Record**, Vol. 1538, p. 1-9, 1996.
- FERREIRA, M. A. G. e SANCHES, S. P. Índice de Qualidade das Calçadas – IQC. **Revista dos Transportes Públicos**, Vol. 91, Ano 23, São Paulo, p. 47-60, 2001.
- FHA (Federal Highway Administration) Data collection and modeling requirements for assessing transportation impacts of micro- scale design. **DTFH** 61-95-C-00168, 2000
- HANDY, S. Urban form and pedestrian choices: study of Austin neighborhoods. **Transportation Research Record**, Vol.1552, p.135-144, 1996
- HANDY, S. et al. How the Built Environment Affects Physical Activity Views from Urban Planning. **American Journal of Preventive Medicine**, Volume 23, Number 25, 2002.
- HENK, R.; HUBBARD, S. Developing an index of transit service availability, **Transportation Research Record**, Vol.1521, p.12-19, 1996
- LIMA, R.S. **Bases Metodológicas para Apoio à Decisão para Serviços de Educação e Saúde sob a Ótica dos Transportes**. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2003.
- LITMAN, T. A. Economic Value of Walkability, **Victoria Transport Policy Institute**, 23 January 2003.
- MCNALLY, M.; KULKARNI, An Assessment of influence of land use /transportation system on travel behavior, **Transportation Research Record**, Vol.1607, p.105-115, 1997
- RAMOS, R. A. R.; RODRIGUES, D. S. **Uma Introdução às técnicas de Avaliação Multicritério para Planejamento Urbano, Territorial e de Transportes**, EESC, Universidade de São Paulo, 2002.
- RODRIGUES, D. S.; JOO, J. The relationship between non-motorized mode choice and the local physical environment. **Transportation Research Part D**, Vol. 9, 2003, p. 151-173.
- SARKAR, S. Evaluation of Safety for Pedestrian at Macro and Micro levels in Urban Areas. **Transportation Research Record**, Vol. 1502, p. 105-118, 1995.
- VTPI (Victoria Transport Policy Institute) **Land use impacts on transport: How land use patterns affect travel behavior**. **Victoria Transport Policy Institute**, 2000. Disponível em: <http://www.vtpi.org>

---

#### Endereço dos autores:

Universidade Federal de São Carlos  
Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana  
Rod. Washington Luís, Km 235 – 13565-905  
São Carlos, SP, Brasil

Fone: (16) 3351-8262  
Fax: (16) 3351-8295  
e-mail: marceloamancio@yahoo.com.br  
ssanches@power.ufscar.br