

## **DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE VIAGENS URBANAS COM USO DE REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS**

**Fernanda Corrêa**

**Archimedes Azevedo Raia Jr.**

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

### **RESUMO**

O objetivo principal deste trabalho de dissertação de mestrado é o desenvolvimento de modelos destinados a estimar de viagens urbanas, que integrem, por um lado, aspectos da acessibilidade e, por outro, o impacto da mobilidade, traduzida pela capacidade de realizar viagens, usando RNA-Redes Neurais Artificiais e SIG-Sistemas de Informação Geográfica. A metodologia aqui proposta pretende ser um avanço em relação aos modelos de acessibilidade já desenvolvidos, deixando evidente que não basta apenas prover a população de acessibilidade física, mas é preciso proporcionar a ela meios que possam garantir-lhe melhores índices de mobilidade.

### **ABSTRACT**

The main aim of this master degree is the development of models for the estimation of urban trips. Making use of ANN-Artificial Neural Networks and GIS-Geographic Information Systems, the modeling approach integrates, on one side, accessibility elements and, on the other side, mobility components. For the purpose of the present study, mobility was understood as the capacity to accomplish trips. The approach presented in this work aim to be a step forward in relation to traditional accessibility models. It makes clear that urban citizens (particularly those in developing countries) need not only physical accessibility, but also better mobility conditions.

### **1. INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas, as cidades brasileiras, passaram por intensos processos de crescimento, associados com a dinamização das atividades econômicas e às migrações populacionais. A irrefreável tendência no uso do modo motorizado individual acabou modificando toda uma distribuição modal, com conseqüências muito sérias, determinando a desmobilização e deterioração dos transportes urbanos, que chegaram a intoleráveis déficits. Em função disso, o grupo que mais sofreu foi a população de baixa renda, que é dependente dos meios de locomoção, geralmente precários e pelos quais devem pagar uma parcela cada vez maior dos seus ganhos.

Os custos do inadequado modelo de transporte urbano brasileiro são socialmente inaceitáveis e constituem obstáculos estratégicos significativos. Sua permanência se torna incompatível com uma proposta de melhoria na qualidade de vida. As metodologias de planejamento disponíveis vêm sendo aplicadas no sentido de manter as desigualdades e produzindo crescimentos ineficientes das cidades, quando se consideram os aspectos do meio ambiente, além de serem excludentes nos aspectos sociais.

Existe um sério problema relacionado com o crescimento das cidades e com as dificuldades das pessoas em participarem da plena reprodução social urbana. Paralelamente, o planejamento dos transportes não têm tido a sensibilidade necessária para resolver, ou mesmo mitigar, a grande distância entre o que as pessoas realmente necessitam e que os técnicos planejam. A situação é extremamente grave que, de maneira mais intensa, afeta diretamente as famílias enquadradas nos grupos de baixa renda e que, por isso mesmo, requerem de preocupações adicionais por parte de administradores, técnicos urbanos e de transportes.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Esta seção apresenta uma breve síntese sobre os três conceitos mais importantes abordados neste trabalho de pesquisa: acessibilidade, mobilidade e o emprego de redes neurais artificiais em planejamento de transportes.

### **2.1 Acessibilidade**

A acessibilidade pode ser definida como uma característica inerente de dado local com relação à superação de obstáculos espaciais. Para Vickerman (1974), não é fácil definir a acessibilidade precisamente e quantitativamente, pois combina dois elementos: a localização de superfície relativa para destinações satisfatórias e as características de rede de transporte ou ligações de pontos daquela superfície.

Na literatura são definidos tipos de indicadores de acessibilidade como indicadores de separação espacial, de oportunidade, do tipo gravitacional, do tipo engenharia de tráfego e baseados em abordagem comportamental. Acessibilidade é o resultado da complexa interação entre o sistema de atividades e o sistema de transportes em uma área de estudo (Arruda, 1997), sendo uma questão de muita polêmica no meio urbano e tema de diversas pesquisas.

### **2.2 Mobilidade**

O conceito de mobilidade está relacionado com os deslocamentos diários (viagens) de pessoas no espaço urbano, não apenas a ocorrência deste, mas também a facilidade e a possibilidade de ocorrer (Sales Filho, 1998). Muitos pesquisadores têm definido mobilidade como a facilidade de viajar, ou seja, o número de viagens realizadas por indivíduo por dia, aproveitando o que a cidade oferece.

A interpretação mais comum para mobilidade é aquela que relaciona o conceito às viagens atuais ou viagens feitas utilizando as seguintes medidas: a) número de quilômetros por viagem por pessoa; b) número de viagens por pessoa por dia; e c) número de quilômetros percorridos por pessoa por modo; d) números de viagens por dia por pessoa por modo (Akinyemi, 1998). Carruthers & Lawson (1995), sugeriram que a mobilidade deve ser gerenciada de forma que conduza a manutenção de uma cidade sustentável, permitindo a coexistência de diferentes formas de viagens.

### **2.3 Aplicação de redes neurais em transportes**

A terminologia RNAs abrange uma enorme quantidade de arquiteturas e paradigmas e tem como objetivo entender o funcionamento do cérebro humano e desta forma procurar reproduzi-lo. Segundo Brondino (1999), a modelagem através das Redes Neurais Artificiais surge como um substituto potencial aos modelos estatísticos convencionais, por sua fácil interface dos programas com o usuário e a não necessidade de possuir conhecimento prévio da relação das variáveis envolvidas, ao contrário de modelos estatísticos utilizados para o mesmo fim. As Redes Neurais Artificiais são utilizadas nas mais diversas áreas de aplicação como previsão, classificação, otimização, controle e outros, com intuito de solucionar problemas.

No campo do planejamento de transportes, Carvalho (1999) utilizou RNAs para fazer a previsão de demanda de transportes, como alternativa ao uso do modelo Logit. Ela constatou a viabilidade

do uso de Redes Neurais para este fim, pela sua capacidade de capturar a não linearidade por detrás dos dados, produzindo probabilidades de escolha melhores do que aquelas obtidas pelo método convencional. O estudo de Wermersch e Kawamoto (1999) estudou a viabilidade de caracterizar o comportamento dos usuários dos sistemas de transportes em relação do modo de viagem. Mozolin *et al.* (2000) fizeram uma comparação sobre a previsão de distribuição de viagens feita com Redes Neurais Multilayer Perceptron e usando Modelo de Máxima Verossimilhança Duplamente Restringido.

Nijkamp *et al.* (1996) apresentaram estudo onde desenvolvem análises comparativas entre o Modelo Logit e Redes Neurais, para a modelagem do fluxo de viagens interurbanas na Itália. Shmueli *et al.* (1996), por sua vez, exploram a aplicação de RNAs na avaliação de ferramentas para previsão de viagens, comparando o padrão de viagens entre homens e mulheres, em Israel.

Nos trabalhos desenvolvidos por Raia Jr. (2000), Raia Jr. *et al.* (2001) e Silva *et al.* (2002) foram propostas abordagens inovadoras na construção de índice de potencial de viagens e a investigação da relevância das variáveis escolhidas para o estudo, os modelos desenvolvidos apresentaram um desempenho aceitável comparado aos resultados reais. Recomendaram os autores que outros tipos de segmentação sejam pesquisados, como por exemplo, o motivo da realização das viagens. Uma outra opção para posterior investigação seria uma forma diferente de agregação dos modos de viagem.

Bocanegra (2002) desenvolveu procedimentos capazes de tornar mais efetivo o uso de Redes Neurais Artificiais, gerados para estimar um índice de potencial de viagens. Após varias tentativas envolvendo novas filtragens dos dados utilizados na pesquisa de origem, novos modelos foram obtidos com desempenho superior àqueles desenvolvidos por Raia Jr. (2000), Raia Jr. *et al.* (2001) e Silva *et al.* (2002).

### **3. OBJETIVO**

Dando continuidade à linha de pesquisa desenvolvida por Raia Jr. (2000), Raia Jr. *et al.* (2001), Silva *et al.* (2002) e Bocanegra (2002), este trabalho tem como objetivo precípua desenvolver um modelo destinado a estimativas de viagens urbanas, que seja mais eficaz e com melhor desempenho que os anteriores, integrando os aspectos e as variáveis de acessibilidade e mobilidade, através da Rede Neural Artificial.

### **4. MÉTODO**

O método estabelecido para esta pesquisa está alicerçado nas seguintes etapas:

- Adição de dados de natureza espacial a uma pesquisa origem-destino, utilizando SIG;
- Desenvolvimento de procedimentos capazes de permitir a aplicação em planejamento de transportes de um modelo desenvolvido em Redes Neurais Artificiais;
- Condução de algumas análises a partir da alteração de valores das variáveis de entrada do modelo considerado, verificando os impactos nos valores de saída estimados;
- Construção de modelos preliminares para avaliação do desempenho das variáveis de entrada e saída;

- Reformulação dos modelos existentes através das variáveis que apresentem melhor desempenho;
- Aplicação do modelo de viagens para dados de um município, para estudo de caso.

## 5. RESULTADO ESPERADO

O principal resultado esperado para esta pesquisa é o prosseguimento da evolução que vem obtida com a linha de pesquisa destinada à obtenção de modelos de previsão de viagens urbanas que incluam características de acessibilidade aos sistemas de transportes e mobilidade da população. A linha de pesquisa apregoa o uso de ferramentas modernas, como são os casos de sistemas de informações geográficas e redes neurais artificiais, já incorporadas nas expressões já consolidadas pela linha de pesquisa, através dos trabalhos de Raia Jr. (2000), Raia Jr. *et al.* (2001), Silva *et al.* (2002) e Bocanegra (2002). Esses modelos poderão ser úteis ao processo de planejamento urbano e de transportes, que carece de ferramentas mais modernas e eficazes.

## BIBLIOGRAFIA PRELIMINAR

- Akinyemi, E.O. (1998) Understanding urban mobility and accessibility for transportation engineering purposes. *Artigo apresentado na 8<sup>th</sup> World Conference on Transport Research*, Antuérpia, Bélgica.
- Arruda, J.B.F. (1997) Determinação do impacto de projetos de transportes na acessibilidade do trabalhador às principais zonas de empregos urbanos. In: *Anais do XI Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes*. Rio de Janeiro, ANPET, v2, p.975-984.
- Bocanegra, C.W.R.(2002) *Procedimentos para tornar mais efetivo o uso das Redes Neurais Artificiais em Planejamento de Transportes*. Dissertação (Mestrado), EESC/USP, São Carlos.
- Brondino, M.C.M. (1999). *Estudo da influência da acessibilidade no valor de lotes urbanos através de redes neurais*. Tese (Doutorado), EESC/USP, São Carlos.
- Carruthers, D.; Lawson, G. (1995) *The contribution of transport to the quality of life*. In: BLESSINGTON, H.K. , (ed) *Urban Transport*. London, Thomas Telford.
- Carvalho, M.C.M. (1999) Previsão de demanda de transportes: uma abordagem não-linear usando Redes Neurais. In: *Anais do XIII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes*, São Carlos, v.1, p.187-200.
- Raia Jr, A.A. (2000) *Acessibilidade e Mobilidade na Estimativa de um Índice Potencial de Viagens Utilizando Redes Neurais Artificiais e Sistema de Informações Geográficas*. Tese (Doutorado). EESC/USP, São Carlos.
- Raia Jr., A.A.; Silva, A.N.R.; Bocanegra, C.W.R. (2001) Acessibilidade e mobilidade na estimativa de um índice de potencial de viagens utilizando redes neurais artificiais e SIG. In: *Anais do XV Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes*, Campinas, v.2, p. 253-261.
- Silva, A.N.R.; Raia Jr., A.A.; Bocanegra, C.W.R. (2002) Exploring na ANN Modeling Approach that combines Accessibility and Mobility into a single Trip Potential Index for Strategic Planning. In: *Proceedings of The 81<sup>st</sup> Transportation Research Board Annual Meeting*, Washington, D.C., CD ROM.
- Mozolin, M.; Thill, J.C.; Usery, E.L. (2000) Trip distribution forecasting with a multilayer perceptron neural networks: a critical evaluation. *Transportation Research, part B*, n.34, p.53-73.
- Nijkamp, P.; Reggiani, A.; Tritapepe, T. (1996) Modelling inter-urban transport flows in Italy: a comparison between neural networks analysis and Logit analysis. *Transportation Research, part C*, v.4, n.6, p.323-338.
- Sales Filho, L.H. (1998) *O uso de indicadores de acessibilidade na avaliação de redes estruturais de transporte urbano*. TCERJ. Rio de Janeiro.
- Shmueli, D.; Solomon, I.; Shefer, D. (1996) Neural network analysis of travel behavior: evaluating tools for prediction. *Transportation Research, part C*, v.4, n.3, p.151-166.
- Wermersch, F.G.; Kawamoto, E. (1999) Uso de redes neurais artificiais para caracterização do comportamento de escolha do modo de viagem. In: *Anais do XIII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes*, São Carlos, v.1, p.31-34.
- Wickerman, R.W. (1974) Accessibility, attraction and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility. *Environment and Planning A*, v.6, n°6.