

UMA ABORDAGEM CONEXIONISTA AO MOVIMENTO DE PEDESTRES EM CENTROS URBANOS

F. L. Zampieri, D. Rigatti e V.G. Dorneles

RESUMO

Os seres humanos conseguiram prosperar devido a capacidade de se agrupar e viver em sociedade. Através de milhares de anos de evolução a humanidade desenvolveu uma lógica própria de criar e ler os padrões da cidade. Para tentar entender como a população interfere nesses padrões do espaço foi criado um modelo urbano de previsão/análise do movimento de pedestres baseado em redes neurais artificiais. Uma abordagem conexionista, por possuir intrinsecamente uma natureza complexa, pode capturar melhor variáveis relevantes ao fenômeno da movimentação de pedestres em centros urbanos. O modelo foi utilizado do mesmo modo para duas cidades diferentes, Santa Maria-RS e Florianópolis-SC com uma correlação maior que 85% para ambas as cidades. No entanto, as variáveis parecem “explicar” o movimento de forma diferente em cada uma. Acredita-se que essa pesquisa possa auxiliar na discussão do assunto e, talvez, ajudar a melhorar a compreensão da mobilidade dos pedestres.

1 INTRODUÇÃO

Os seres humanos conseguiram prosperar devido a sua capacidade de se auto-organizar e viver em comunidade. A evolução permitiu que formassem grandes sociedades concebidas em agrupamentos espaciais como aldeias, vilas, cidades e outros tipos de assentamentos. Através de milhares de anos de evolução a humanidade desenvolveu uma lógica própria de criar a cidade e, conseqüentemente, de ler os padrões existentes na malha urbana.

O que define a forma do espaço urbano é a maneira como os agentes se organizam formando grupos. Esses grupos de indivíduos por sua vez, interagem entre si com maior ou menor grau de associação e/ou separação. A desigualdade entre a necessidade dos agentes e as características existentes gera tensões entre a sociedade e o espaço urbano, o que acarreta mudanças na cidade através de intervenções locais específicas e, também, regulamentações no uso do solo, entre outras ações. Assim, as expectativas da sociedade, relacionadas ao desempenho da malha urbana, são as reais determinações da forma espacial. Compreendendo a forma da cidade podemos compreender a sociedade que a produziu (Holanda, 2002)

Cada indivíduo tem um grau de interferência no espaço contribuindo com suas características individuais para o grupo e, conseqüentemente, transformando a cidade. A colaboração é limitada por regras sociais simples, escritas ou não, que faz emergir os padrões globais complexos na cidade que são compreendidos pelo grupo que se movimenta no espaço. Como defende Castelfranchi (1998) não se deve reduzir as ações sociais como várias ações individuais tomadas em conjunto, pois desse modo perde-se a real

contribuição da ação social conjunta, como a cooperação, a competição, a formação de grupos, a organização, entre outros.

As implicações sociais da própria produção do espaço são refletidas na sociedade e as relações de poder entre as forças que geram o espaço parecem se retro-alimentar. A cidade parece estar eternamente incompleta, sempre em construção e modificação. A relação entre a construção do espaço e a sociedade condiciona o comportamento das pessoas e pode ser explicada pelas características da malha urbana feita pela sintaxe espacial e foi descrita assim por Holanda (2002): “A sintaxe espacial concentra esforços nos aspectos denominados co-presença, procurando, portanto, entender como o espaço arquitetônico interfere na maneira como as pessoas se movem, param, encontram outras pessoas, como o espaço se conceitua como criador e regulador de comportamentos.”

A estrutura social formada pelos diversos tipos de atores humanos, suas relações e as regras que os governam influenciam diretamente os fenômenos urbanos e sociais, como a movimentação de pedestres. Este é um fenômeno onde os padrões emergem dos efeitos de interações complexas entre os indivíduos devido às restrições/facilidades apresentadas pelo ambiente onde se locomovem (Ormerod, 2005).

Neste estudo não se deseja entender como as dinâmicas dos grupos sociais e suas relações criam os padrões sociais existentes nas cidades. Procura-se simplesmente perceber como esses padrões interferem na formação e no conseqüente uso dos espaços urbanos e ambientes construídos através das repercussões dos padrões sociais no movimento de pedestres. Não se deseja saber se ao caminhar os indivíduos utilizaram processos cognitivos simples ou não, se planejaram otimizar as suas rotas buscando os melhores caminhos. É justamente o contrário. Deseja-se saber como o movimento a pé, o mais básico existente, sofre pela pressão dos grupos sociais que constroem e modificam o espaço.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho é de avaliar o comportamento dos pedestres a partir da utilização dos passeios relacionando a escolha efetuada com as características configuracionais da malha urbana e, também, do desempenho da calçada em si.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Entender a lógica do fenômeno da movimentação de pedestres necessita de uma maneira de relacionar os atributos contidos no meio onde eles existem para compará-los entre si. A criação de modelos ajuda a entender este tipo de comportamento, pois permite visualizar mais facilmente como alterações nesses atributos resultam na variação do fenômeno a ser estudado.

2.1 Modelos de previsão x modelos de simulação

Mas como o conhecimento pode ser adquirido do modelo? Como a malha urbana é o resultado das interações entre os grupos sociais, o modelo pode aprender como se comportam os habitantes ao "ler" esses padrões. Aprender como funciona o padrão de movimento de pedestres não é importante pelo movimento em si, mas por seu significado para a cidade.

Atualmente, já existem modelos capazes de explicar o comportamento de pedestres, ou parte dele, utilizando teorias bem fundamentadas, mas distintas quanto a abordagem. Destacam-se aqui dois grandes grupos formados pelos modelos tradicionais e outro formado por novos modelos. O reducionismo existente nos modelos tradicionais onde o objetivo é simplificar ao máximo o fenômeno estudado pelo uso de métodos lineares e os novos métodos de modelagem que buscam avaliar os fenômenos por uma abordagem em paralelo do tipo *botton-up* são em princípio diferentes.

A maioria dos modelos tradicionais sobre pedestres utiliza a técnica da regressão linear associando a teoria com o objeto de estudo para entender o fluxo de pedestres. Isso não é apropriado segundo Helbing *et al.* (2001) porque esse método tem pouca capacidade de correlação em ambientes com características diferenciadas. Outro problema dos modelos de abordagem tradicional é que os agentes que influenciam o fluxo de pedestres geralmente são agregados admitindo que um único tipo de comportamento racional e informado toma todas as decisões para minimizar os custos e maximizar os benefícios (Briassoulis, 2008:22).

Os novos modelos que tratam de pedestres utilizam a teoria dos sistemas complexos para criar os modelos de processamento em paralelo, trabalhando com vários elementos do modelo em conjunto e ao mesmo tempo para fazer suas previsões através da simulação. Neste tipo de modelo várias regras locais emergem criando padrões globais complexos. Esses métodos não buscam a previsão do fenômeno propriamente dito. A previsão utilizada é aplicada a eventos hipotéticos que acontecem simultaneamente e permitem entender o papel das variáveis incluídas em cenários simulados. Segundo Johnson (2008:525) “O único modo conhecido de abordar estados de predições futuras deste tipo de sistema é a simulação”.

Por esse motivo, a simulação é uma ferramenta indispensável para entender os sistemas sociais complexos e segundo Briassoulis (2008:19) “Modelos de complexidade empregam simulação para articular e reproduzir características de sistemas sócio-espaciais como a auto-organização, aprendizado e adaptação através de retroalimentação (*feedback*) positiva, equilíbrio múltiplo, *path dependence* e emergência”. Nos novos modelos a predição é desenvolvida em termos de qualificação e definida para ajudar a entender a estrutura da discussão, cenários do tipo “e se” são criados para avaliar estados futuros possíveis.

Segundo Popper (1994:166) os modelos complexos são mais necessários nas ciências sociais, pois ao contrário das naturais, não são previsíveis como os métodos Newtonianos de explicação e predição de eventos únicos por leis universais. Embora reconhecendo que o mundo é complexo existem modos de conseguir capturar a realidade social de maneira adequada. Construir modelos requer uma simplificação na condição de abrangência ao reduzir o fenômeno sem reduzir sua complexidade (Briassoulis, 2008). Ainda que os modelos de sistemas complexos, como os tradicionais, não possam evitar o reducionismo, eles conseguem trabalhar com um número maior de variáveis, dados incompletos e as várias dimensões dos sistemas sócio-espaciais.

2.2 Abordagem conexionista

As redes neurais artificiais (RNAs) são uma forma de computação baseada nas redes neurais biológicas do cérebro humano. O primeiro modelo artificial de um neurônio biológico partiu de um trabalho de dois pesquisadores, Warren McCulloch e Walter Pitts,

em 1943, intitulado “A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity”. Elas são não-algorítmicas e, também, não são fundamentadas em programas ou regras específicas. São formadas de nodos que formam sistemas paralelos de processamento simples. Os nodos, ou neurônios artificiais, são dispostos em uma ou mais camadas se interligando por um grande número de conexões que funcionam quase sempre unidirecionalmente. Para um maior rendimento do modelo, cada uma de suas conexões é associada a “pesos”, armazenando o conhecimento e servindo para ponderação de cada entrada recebida pelos neurônios que formam a rede (Braga *et al.*, 2000). Assim as RNAs atribuem aos exemplos uma importância relativamente grande:

“Nos modelos conexionistas existe apenas um nível, que é o dos neurônios e seus pesos. Ao invés de um programa ‘ativo’ e dados ‘passivos’, tem-se pesos numéricos que são ajustados dinamicamente através da interação. Ao invés de um programa tem-se memória. Deste modo, as redes neurais são por si só sistemas complexos, possuindo em sua estrutura lógica as próprias definições de sistemas complexos”. Cilliers (1995:24)

Desde o início dos anos 90, as RNAs foram introduzidas como alternativa à modelagem tradicional, obtendo ótimos resultados com menores amostras de dados. Tillema *et al.*, (2006) compararam um modelo gravitacional tradicional e um desenvolvido com o uso de RNAs para avaliar a distribuição de viagens. Os autores constataram que ambos os modelos tiveram um desempenho semelhante quando o número de dados era abundante. No entanto, quando os dados eram escassos, os modelos com redes neurais sempre apresentavam os melhores resultados. Outro fato constatado foi que as redes neurais conseguiram atribuir corretamente o decaimento do número de viagens, quando a distância entre os pólos geradores é menor considerando os transportes motorizados. Este estudo foi importante por considerar uma maneira de avaliar métodos diferentes, criando, assim, uma comparação plausível.

A dificuldade que comumente se encontra no estudo do movimento de pedestres é a opção de se utilizar teorias simples, porém limitadas, em detrimento de outras complexas e não-lineares, mas mais adequadas, devido a um maior grau de complexidade e limitação na compreensão do padrão do fenômeno. O problema da análise dos fluxos de pedestres a partir de modelos que exploram a complexidade reside na falta de ferramentas que simulem as alterações do fluxo a partir de mudanças no ambiente urbano e possam validar tais alterações através de dados reais. As redes neurais oferecem uma maneira de solucionar essas questões através de uma abordagem conexionista, isto é, onde as variáveis se comportam como nós em uma rede amplamente conectada.

O interessante de se trabalhar RNAs é a possibilidade de comprovação prática de que certos fenômenos complexos podem ser explicados por determinados agentes e/ou determinantes espaciais. No campo do planejamento urbano, constantemente, busca-se associar fenômenos e padrões às suas causas, para intervir no espaço, melhorando as condições para os usuários. Assim, a administração pública pode negociar melhor com os grupos sociais se souber como as alterações reivindicadas ou propostas por estes se materializará na cidade pela apropriação do resto da população. Sabe-se que áreas degradadas onde as pessoas não circulam tendem a ficar marginalizadas diminuindo o valor do uso do solo e criando um problema social.

2.3 Variáveis utilizadas no modelo

Em muitos casos as observações são mapeadas e a teoria é expressa como dedução. Em sistemas artificiais, os designs decidem quais 'partes' e qual 'todo' aparecerão no sistema e como serão configurados. Nessa pesquisa serão utilizadas as variáveis encontradas na literatura que possuem correlação com o fenômeno estudado. No entanto, a configuração do sistema neural resultante não será configurada de nenhuma maneira, ela emergirá pelas interações das conexões entre os neurônios artificiais e, também, devido ao algoritmo de retropropagação de erro, permitindo a rede aprender as regras implícitas do sistema estudado.

Segundo Briassoulis (2008), os sistemas sociais complexos continuam "caixas pretas" que precisam de tempo e especialização para serem entendidos e checados em comparação com a realidade. Nesse ponto as redes neurais trazem uma grande vantagem em contrapartida a outros métodos de sistemas complexos, pois são treinadas e avaliadas a partir de dados reais. Além disso, existem várias técnicas de análise das redes neurais que permitem entender os fenômenos estudados e, mesmo que não sejam totalmente compreendidos, podem ser avaliados e testados através da criação de cenários 'e se?' que criam possibilidades de avaliação de panorama futuros, mas não isola as variáveis.

A metodologia visa primeiramente avaliar o papel do fluxo de pedestres como sub-produto da sociedade e, assim, apresentar estas relações. Para isso será utilizada a metodologia proposta na dissertação de Zampieri (2006) com adaptações para se adequar aos estudos de caso. A proposta é criar modelos do fluxo de pedestres com os dados das cidades e avaliar seu desempenho através de seus coeficientes de correlação e erros estatísticos. Resumidamente, essa metodologia adquire as variáveis sintáticas através do mapa axial juntamente com a área dos atratores atrelados a cada passeio e, também, a qualidade, fazendo com que cada calçada possa ser comparada entre si, independente do sistema. Como todos os dados estão com variáveis na mesma unidade, a calçada, elas podem ser processadas utilizando qualquer método estatístico. Os modelos utilizados nessa pesquisa foram desenvolvidos com a metodologia apresentada por Zampieri (2006) e utilizam os atributos espaciais referentes à sintaxe espacial (Hillier *et al.* 1993) e ao nível de desempenho dos passeios públicos (Khisty, 1994). Eles funcionam como variáveis de entradas (*inputs*) e são processados por redes neurais artificiais com a saída que é o fluxo de pedestres (*output*). Cada um dos modelos apresentou 17 variáveis de entrada, sendo 10 sintáticas: (1) a integração global (R_n), (2) integração local de raio 3 (R_3), (3) controle, (4) conectividade, (5) profundidade, (6) constituições, (7) atratores residenciais, (8) atratores comerciais, (9) atratores de serviços, e (10) outros atratores; 7 de desempenho: (11) largura, (12) comprimento, (13) atratividade, (14) conforto, (15) manutenção, (16) segurança, (17) segurança pública; e uma de saída para cada modelo: pedestres em movimento. As variáveis de entradas (*inputs*) e a saída (*output*) foram relacionadas com a calçada (unidade básica).

A relação entre o movimento de pedestres e a configuração urbana está descrita em diversos trabalhos científicos de sintaxe espacial. Mesmo nos primeiros trabalhos de Hillier e Hanson (1984) já fica claro que o movimento de pedestres é, em grande medida, dependente dos arranjos espaciais produzidos pela sociedade. A sintaxe espacial estabelece as relações entre a estrutura espacial e a lógica social do espaço. O fluxo de pedestres explicado pela forma da cidade, chamado por Hillier *et al.* (1993) de movimento natural, é um "subproduto de um programa de pesquisa com objetivos diferentes", mas descobrir essa relação mostra, de certa maneira, que o movimento de pedestres pode ser fundamental para entender a configuração urbana.

O método do nível de serviço é interessante por avaliar as qualidades locais de cada passeio. O pedestre que se desloca por uma cidade também toma decisões baseado nas características físicas do passeio, escolhendo através das informações locais, a rota que considera mais segura e confortável. Avaliar esses elementos do passeio permite identificar como o movimento é condicionado por variáveis locais que emergem. Esse conhecimento é repassado para outros pedestres através de padrões globais difundidos pela malha urbana.

3 METODOLOGIA E OBJETO EMPÍRICO

Para a escolha das áreas de estudo não se levou em consideração como condicionante o tamanho do sistema axial, pois conforme a teoria de sintaxe espacial: “[...] a integração global é normalizada para ser possível a comparação entre sistemas urbanos de diferentes tamanhos” (Hillier e Hanson, 1984:109-113).

Em Santa Maria a pesquisa foi realizada em 2004 e 2005 abrangendo 74 calçadas da área central da cidade (figura 1a). Já em Florianópolis a pesquisa foi realizada em 2008 utilizando um trecho na zona central da cidade com 52 calçadas, ao redor de 19 quadras, localizada no estado de Santa Catarina (figura 1b).

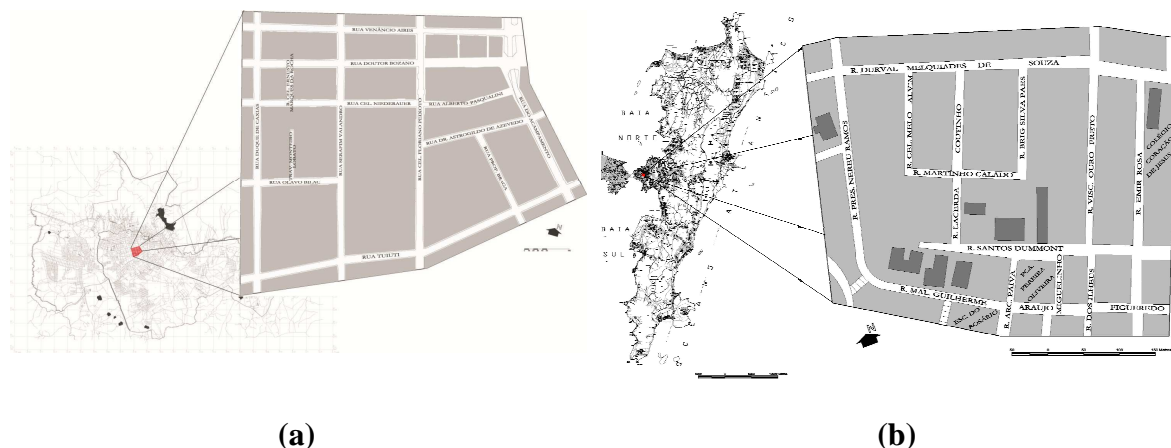


Fig. 1 Área de intervenção, cidade de Santa Maria-RS (a) e Florianópolis-SC (b).

4 RESULTADOS

O processamento dos dados para criar os modelos foi realizado através de um *software* de redes neurais artificiais e posteriormente por sua reprodução em planilhas eletrônicas. O modelo foi reproduzido baseando-se no funcionamento dos neurônios em uma RNA e serviu para avaliar sua estrutura interna, os coeficientes de correlação e os erros estatísticos. Os resultados de modelo foram considerados satisfatórios obtendo para o modelo de pedestres em movimento de Santa Maria um coeficiente de determinação (R^2) de 0,9611 e erro quadrático médio (EQM) de 0,002469 e o modelo de pedestres em movimento de Florianópolis com R^2 de 0,8604 com EQM de 0,012438. Tanto os coeficientes de determinação quanto os erros foram adquiridos na fase de testes, ou seja, com dados desconhecidos pela rede neural. De posse dos resultados, pôde-se inferir que o fenômeno pôde ser parcialmente explicado pelas variáveis utilizadas no modelo.

Enquanto os resultados obtidos para a cidade de Santa Maria-RS são de caráter final, bem definido através de várias simulações onde a topologia, treinamento, aprendizado e outros tantos parâmetros foram ajustados para deixar a rede mais eficiente obtendo melhores resultados de correlação e menores erros. Diferentemente, os resultados encontrados para Florianópolis-SC são preliminares e necessitam de mais ajustes para encontrar a topologia de rede que explique melhor o fenômeno na cidade. No entanto, os resultados obtidos apontam para um caminho similar ao encontrado para a cidade de Santa Maria-RS.

Depois de criar e avaliar os modelos foram executados procedimentos para avaliar o desempenho das variáveis, tais como o método dos pesos desenvolvido por Garson (1991) para obter a ordem de importância do peso das variáveis nas conexões entre os neurônios artificiais, e o de sensibilidade (Lek *et al.*, 1996), para medir empiricamente como a alteração dos valores das variáveis afeta o fenômeno.

4.1 Análise dos pesos das conexões

Ao utilizar o método de Garson (1991) todas as variáveis, em ambos os modelos, tiveram desempenhos dentro de uma mesma faixa e nenhuma delas teve uma importância tão grande que sozinha poderia explicar o fenômeno.

Variável	Santa Maria-RS		Florianópolis-SC	
	Porcentagem	Classificação	Porcentagem	Classificação
Integração RN	6.0%	8	4.9%	13
Integração R3	5.2%	11	6.4%	5
Conectividade	7.7%	3	4.7%	16
Controle	7.2%	5	6.4%	4
Profundidade	5.7%	9	8.6%	1
Constituições	5.1%	12	4.7%	15
Residencial	5.3%	10	5.9%	9
Comércio	7.4%	11	6.4%	6
Serviços	3.7%	16	5.9%	10
Outros	8.2%	1	4.7%	14
Largura	7.9%	2	5.4%	11
Comprimento	4.3%	15	7.4%	2
Atratividade	5.0%	13	7.0%	3
Conforto	3.5%	17	4.6%	17
Manutenção	4.8%	14	6.0%	8
Segurança	6.8%	6	5.0%	12
Segurança pública	6.1%	7	6.1%	7

Fig. 2 R² para Santa Maria-RS (a) e Florianópolis-SC (b).

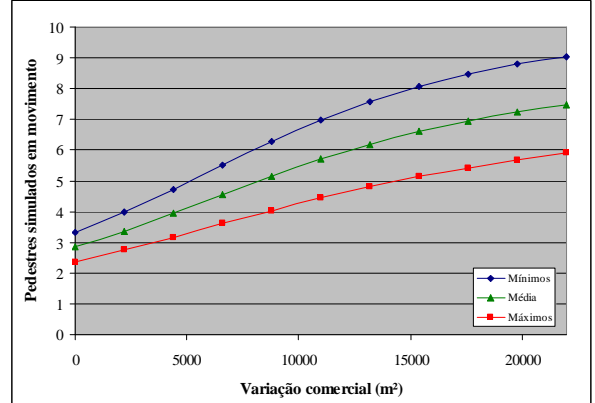
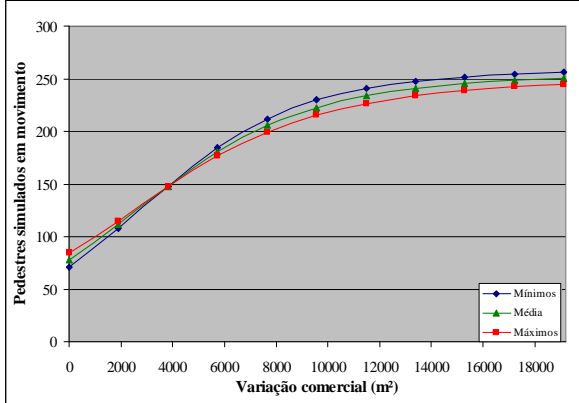
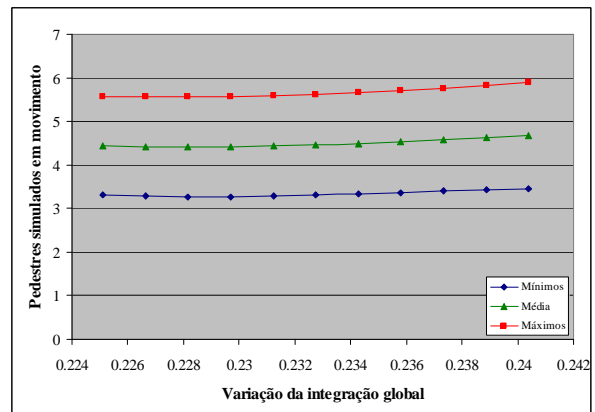
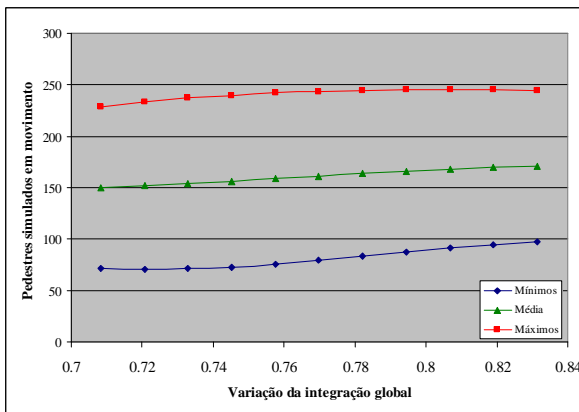
No entanto, esse método não apresenta nenhuma correlação significativa entre as variáveis para as duas cidades. Isso evidencia que qual tenha sido a força social geradora da malha urbana, ela agiu de forma diferente em cada uma delas. A complexidade indica, de certa forma, que as variáveis responsáveis por um fenômeno podem ser as mesmas, mas empregadas com arranjos diversos criando resultados diferentes. Os padrões encontrados em um fenômeno replicar-se-ão diferentemente, pois cada sociedade é formada por forças únicas, mas baseadas nas mesmas variáveis e regras simples; como explica Hayek (2002:59):

“Se eu falo para alguém que se for ao meu escritório achará um tapete com um padrão feito de diamantes e curvas, ele não terá dificuldade em determinar ‘se essa predição será verificada ou refutada pelo resultado’, mesmo assim eu não terei dito nada sobre o arranjo, tamanho, cor, etc., dos elementos os quais o padrão do tapete é formado”.

Assim, o padrão do movimento aparentemente pôde ser explicado pelas variáveis empregadas no modelo, mas de modo diferente para cada cidade.

4.2 Análise de sensibilidade

Mas após o emprego do método de Garson uma pergunta ainda permanece: qual é a verdadeira participação das variáveis para o movimento de pedestres? Para responder esse questionamento utiliza-se um método conhecido como teste de sensibilidade que avalia em 3 sistemas hipotéticos a resposta de cada variável utilizada. Para isso se fixam as variáveis em valores arbitrários (nesse caso valores mínimos, médios e máximos), enquanto a contribuição da variável que se quer testar é alterada em espaços regulares entre os valores mínimos e máximos, num total de 11 valores espaçados igualmente (Lek *et al.*, 1996). Essa operação foi realizada para cada uma das 17 variáveis de entrada que resultou, em sua maioria, um desempenho similar. Para fins de demonstração são apresentados três gráficos comparativos de variáveis de sintaxe espacial - integração global, de uso do solo - atratores comerciais e de desempenho dos passeios.



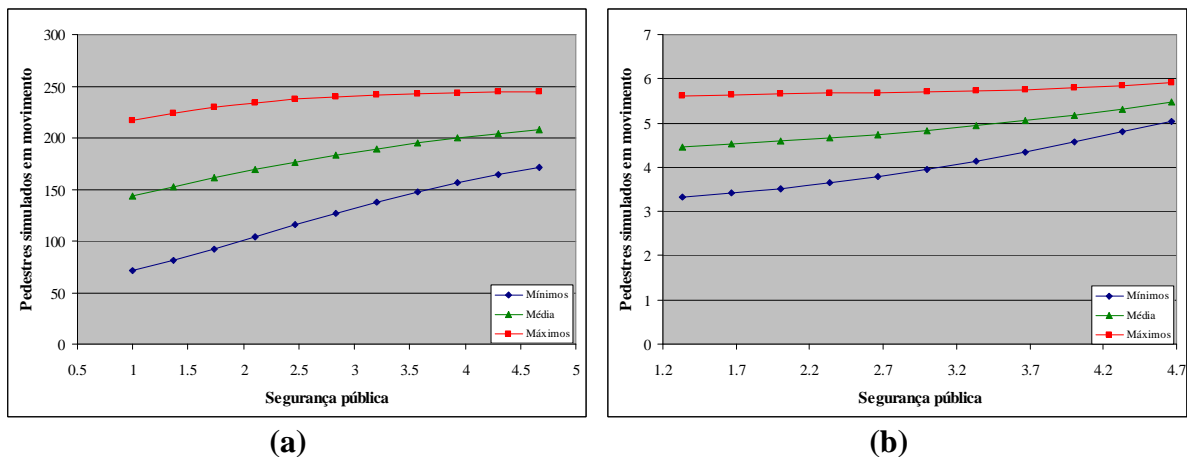


Fig. 3 Gráfico de sensibilidade das variáveis integração global, atratores comerciais e segurança pública para Santa Maria-RS (a) e Florianópolis-SC (b).

Embora os gráficos das variáveis das duas cidades não apresentem valores semelhantes seu padrão é muito similar, revelando como as variáveis estruturam o espaço e condicionam o comportamento dos pedestres e, de certo modo, seu movimento. As cidades são diferentes, criadas por estruturas sociais que se espacializaram de modo diferente, então o produto encontrado, o fluxo de pedestres, também é diferente. No entanto, por mais diferente que essas estruturas sociais sejam, elas parecem ler o espaço utilizando as mesmas regras simples, variando sobre elas.

5 CONCLUSÃO

Os pedestres são agentes sociais porque ao mesmo tempo interferem e dependem uns dos outros e das respostas sociais. Sociabilidade pressupõe dois ou mais agentes em um ambiente em comum e com a possibilidade de um interferir nas ações e objetivos do outro, tanto positiva como negativamente. Deste modo, ainda que um indivíduo tenha o poder de facilitar o deslocamento de outro, existe a possibilidade de um terceiro intervir, impedindo qualquer forma de deslocamento, seja por suas ações ou falta delas.

A interferência e dependência criam padrões que emergem do sistema quer os indivíduos saibam ou não se sua existência. Esses padrões, ou parte deles, passam a ser conhecidos pelos indivíduos através de aprendizado por reforço (tentativas e erros) ou entendimento (capacidade de aprender com o resultado positivo de outros indivíduos). Deste processo emerge a noção de transformação no indivíduo que o faz traçar metas e objetivos, passados através de suas ações para outros do grupo criando uma ação social. Os novos objetivos mudam os tipos das relações e fortalecem as dependências. Segundo Castelfranchi (1998:1568) “sem a emergência desta estrutura auto-organizável (incerto e não-contratual) metas sociais nunca teriam evoluído ou seriam derivadas”.

Já foi comprovada por diversos estudos a capacidade das RNA de extrapolar os dados e fazer correspondências utilizando menor número de dados. No entanto, a cidade de Santa Maria que é menor e teve mais calçadas avaliadas apresentou um resultado melhor e como menos erros estatísticos e define de certo modo um patamar mínimo para estudos dessa natureza. Já Florianópolis que possui uma área espacial e uma população maior apresentou erros muito piores e, provavelmente se fossem avaliadas mais calçadas o erro diminuiria bastante. O próximo passo é avaliar um sistema semelhante ao de Santa Maria, mas com

um número muito maior de calçadas. Esse estudo já está em andamento e seus resultados tendem a corroborar os estudos já realizados.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao PROPUR e a CAPES pelo financiamento da pesquisa. Ao professor Antônio Nelson da USP pelas discussões inspiradoras sobre as RNAs e seus métodos de avaliação. Ao grupo de pesquisa, em especial Cláudio Ugalde e Andréa.

6 REFERÊNCIAS

BRAGA, A. P.; CARVALHO, A. P. L. e LUDERMIR, T. B. (2000). **Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, Livros técnicos e científicos editora S.A.

BRIASSOULIS, H. (2008). Land-use policy and planning, theorizing, and modeling: lost in translation, found in complexity? **Environment and Planning B: Planning and Design**, v.35, p.16-33.

CASTELFRANCHI, C. (1998). Modelling social action for AI agents. **Artificial Intelligence**, v.103, n.1-2, p.157-182.

CILLIERS, P. (1998). **Complexity and Postmodernism: Understanding Complex Systems**: Taylor & Francis. 156 p.

GARSON, G. D. (1991). Interpreting Neural-network Connection Weights. **AI Expert**, p.47-51.

HAYEK, F. von., (2002). The theory of a complex phenomena. In: M. Martin e L. C. Mcintyre (Ed.). **Readings in the philosophy of social science**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press. The theory of a complex phenomena, p.55-70

HELBING, D. (1991). A mathematical model for the behavior of pedestrians. **Behavioral Science**, v.36, n.4, p.298-310.

HILLIER, B. e HANSON, J. (1984). **The social logic of space**. Cambridge: Cambridge University Press

HILLIER, B.; PENN, A.; HANSON, J.; GRAJEWSKI, T. e XU, J. (1993). Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v.20, p.29-66.

HOLANDA, F. (2002). **O Espaço de Exceção**. Brasília:: Editora Universidade de Brasília

JOHNSON, J. (2008). Science and policy in designing complex futures. **Futures**, v.40, n.6, p.520-536.

KHISTY, C. J. (1994). Evaluation of Pedestrian Facilities: Beyond the Level of Service Concept. **Transportation Research Record**, n.1438, p.45-50.



LEK, S.; DELACOSTE, M.; BARAN, P.; DIMOPOULOS, I.; LAUGA, J. e AULAGNIER, S. (1996). Application of neural networks to modelling nonlinear relationships in ecology. **Ecological Modelling**, v.90, n.1, p.39-52.

ORMEROD, P. (2005). Complexity and the limits to knowledge. **Futures**, v.37, n.7, p.721-728.

POPPER, K. R., (1994). Models, instruments and truth - the status of the rationality principle in social sciences. In: K. R. Popper e M. A. Notturmo (Ed.). **The myth of the framework : in defence of science and rationality**. London ; New York: Routledge. Models, instruments and truth - the status of the rationality principle in social sciences, p.xiii, 229 p.

TILLEMA, F.; ZUILEKOM, K. M. v. e MAARSEVEEN, M. F. A. M. v. (2006). Comparison of Neural Networks and Gravity Models in Trip Distribution. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, v.21, p.104–119.

ZAMPIERI, F. L. (2006). **Modelo Estimativo de Movimento de Pedestres Baseado em Sintaxe Espacial, Medidas de Desempenho e Redes Neurais Artificiais**. (Dissertação). PROPUR, UFRGS, Porto Alegre, 274 p.