

# **PERCURSOS INTRA-URBANOS: A INFLUÊNCIA DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E DA DISTRIBUIÇÃO DAS ESCOLAS PÚBLICAS DE ENSINO MÉDIO NOS DESLOCAMENTOS URBANOS DE PEDESTRES NA CIDADE DE PELOTAS – R.S.**

**A. P. P. Zechlinski**

## **RESUMO**

O trabalho pretende representar as diferentes composições de percursos urbanos geradas pela variação na quantidade e na localização dos destinos acessados. O objetivo consiste em compreender a influência da configuração do espaço urbano e da distribuição das atividades na malha urbana na composição destes percursos e na conseqüente intensidade de movimento gerada nas vias urbanas. O caso estudado enfoca os deslocamentos realizados por alunos do ensino médio às respectivas escolas públicas da cidade de Pelotas – R.S. O método baseia-se na utilização de uma medida de centralidade para identificar os caminhos preferenciais entre origens e destinos. A partir de um exercício exploratório da realidade, o estudo testa os resultados da alocação de uma nova escola nos deslocamentos intra-urbanos. Com isso, pretende-se elucidar a importância do processo e das decisões de planejamento urbano na transformação da realidade da cidade.

## **1 INTRODUÇÃO**

A mobilidade urbana é um importante fator que influencia a qualidade de vida nas cidades e constitui um dos temas de interesse para os estudos de planejamento urbano na contemporaneidade. Este trabalho busca evidenciar os aspectos de configuração espacial e de distribuição das atividades na malha urbana, que são fundamentais para a composição de percursos urbanos. Segundo Kasemsook (2003), a estrutura espacial, o padrão de movimentação e a distribuição dos serviços estão inter-relacionados. O objetivo do presente estudo consiste em compreender essa inter-relação, a partir de uma abordagem sistêmica, utilizando ferramentas e princípios de modelagem urbana.

A utilização de modelos possibilita ressaltar as características que se pretende estudar com o objetivo de aprofundar o conhecimento de determinado aspecto da realidade. Os modelos funcionam como um instrumento para a investigação sistemática que permite explorar as características do fenômeno, testando hipóteses que podem, ou não, implicar a realidade (Batty, 2007). Esta propriedade dos modelos de possibilitar a experimentação é fundamental para a sua concepção. Nesse sentido, a proposta busca representar percursos urbanos que correspondem à realidade e testar situações hipotéticas, criadas pela variação da quantidade e da localização dos destinos.

A experimentação com essas diferentes situações permite observar a influência da distribuição das atividades na configuração dos percursos. A visualização dos resultados indica quais são espaços que apresentam maior movimentação de pedestres em cada situação. A partir disso, pretende-se analisar em quais situações os espaços com grande

intensidade de movimento estão mais agrupados ou mais dispersos. Esta avaliação pode ser uma importante ferramenta para resolver ou amenizar problemas de mobilidade urbana em lugares específicos da cidade.

O estudo de caso enfoca os deslocamentos de alunos do ensino médio às respectivas escolas públicas da cidade de Pelotas – R.S. Os percursos realizados por estes alunos são representados a partir da utilização de uma medida de centralidade que possibilita identificar os caminhos preferenciais entre origens e destinos e permite visualizar os espaços que podem apresentar maior intensidade de movimento de pedestres. Segundo Crucitti *et al.* (2005), medidas de centralidade tem sido aplicadas no planejamento e desenho urbano, assim como na geografia econômica, difundindo a idéia de que alguns lugares são mais importantes porque são mais centrais. No estudo de caso, os resultados obtidos com a medida de centralidade variam de acordo com os destinos considerados, evidenciando a modificação na importância dos espaços quanto à intensidade de movimento conforme se altera a distribuição dos equipamentos.

A representação dos percursos urbanos com origens e destinos previamente estipulados é uma característica importante do trabalho. Os destinos são selecionados pelo tipo de serviço prestado e as origens, pela identificação da demanda vinculada à atividade, conforme desenvolvido em Zechlinski e Dominguez (2009). Esta proposta, além de conferir maior detalhe na análise, contribui para a avaliação da intensidade de movimento gerada por uma atividade específica e para a análise da distribuição espacial do equipamento urbano em estudo, neste caso, as escolas públicas de ensino médio.

A escolha da atividade de ensino como objeto de estudo pode ser explicada devido a três fatores principais. Primeiramente, por ser uma atividade essencial e de direito das pessoas que vivem em sociedade. Em segundo lugar, por gerar uma parcela significativa dos fluxos de movimentação urbana em determinados horários. E, em terceiro, por apresentar uma demanda que pode ser facilmente identificada e espacializada a partir dos dados censitários. No entanto, ressalta-se que outros equipamentos urbanos ou serviços podem ser investigados utilizando-se o mesmo método, modificando apenas os critérios de classificação da atividade e seleção da demanda.

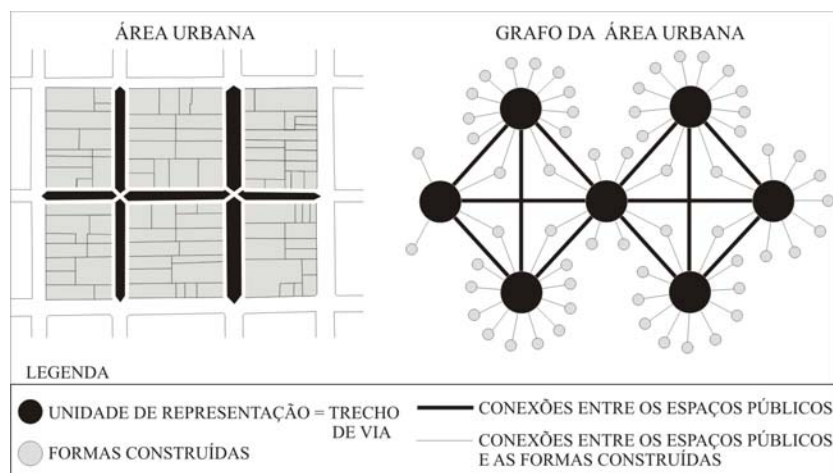
O método para representar os percursos urbanos desenvolve-se nas seguintes etapas: definição da unidade espacial de representação; delimitação da área de estudo e dos pontos de origem e destino; aplicação da medida de centralidade e análise dos resultados. A medida de centralidade é aplicada considerando as escolas de ensino médio existentes na área de estudo e em simulações de realidades hipotéticas, testando a composição dos percursos com um número menor de escolas e também com alocação de novas escolas na cidade.

## **2 DEFINIÇÃO DA UNIDADE ESPACIAL DE REPRESENTAÇÃO**

Nos estudos que utilizam uma abordagem configuracional para representar e analisar fenômenos relativos ao ambiente urbano é necessário dividir o *continuum* espacial em unidades discretas de representação. A definição da unidade espacial deve considerar os objetivos do estudo e os tipos de dados que serão utilizados. É importante ponderar também o nível de agregação dos dados, que devem ser compatibilizados para uma base espacial comum (Faria e Zechlinski, 2007).

Nesta investigação interessam os espaços lineares de circulação, ou seja, as vias urbanas através das quais os indivíduos percorrem a cidade. A unidade espacial delimitada é o trecho de via, definido pela porção de espaço entre duas esquinas ou intersecções consecutivas. A seleção desta unidade de representação do espaço urbano mostra-se adequada ao estudo porque permite a localização bastante precisa dos pontos de origem e destino. Além disso, esta escolha está vinculada à maneira como as pessoas percorrem o espaço urbano, considerando cada esquina como um ponto de tomada de decisão, em que o indivíduo pode manter ou mudar a direção.

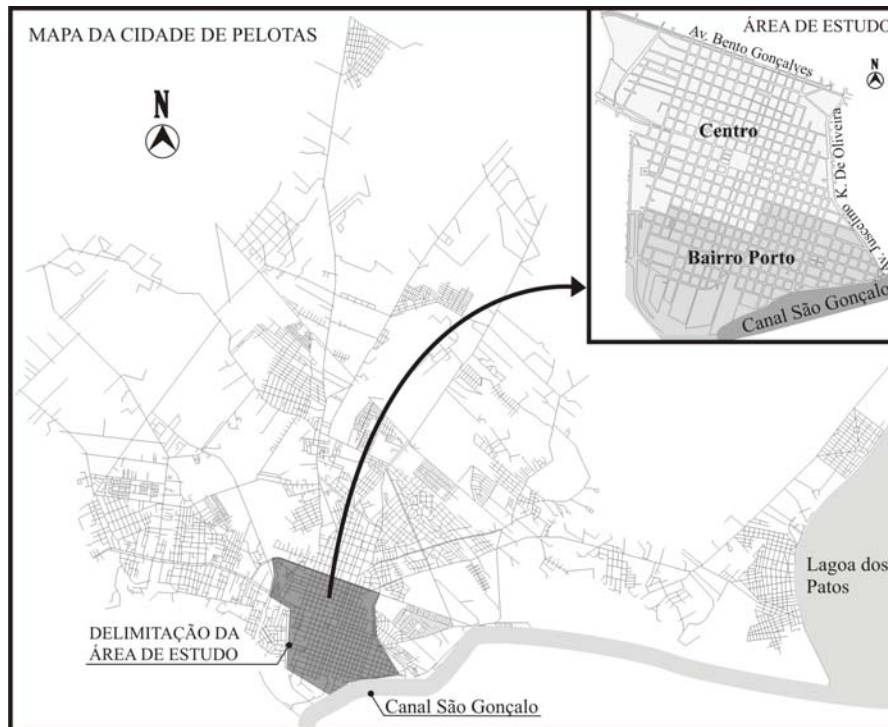
As unidades espaciais são representadas através de um grafo (figura 1), que consiste em uma representação matemática abstrata, permitindo a análise sistêmica a partir da utilização da medida de centralidade. Os grafos são constituídos por um conjunto de pontos e um conjunto de linhas, em que os pontos, também chamados de nós ou vértices, identificam os elementos do sistema e as linhas, conhecidas ainda como ligações ou arestas, identificam as relações entre estes elementos (Harary, 1969; Barrat *et al.*, 2008). Os elementos que compõem o grafo neste estudo são os espaços abertos urbanos, representados pelos trechos de via e as edificações adjacentes a cada trecho, que apresentam os atributos de origem e destino. As linhas representam as relações de conectividade e adjacência entre os diferentes espaços urbanos e entre estes e as edificações.



**Fig. 1 Unidades de representação do espaço urbano e formas construídas no mapa de uma área urbana e no respectivo grafo**

### **3 ÁREA DE ESTUDO E DELIMITAÇÃO DOS PONTOS DE ORIGEM E DESTINO**

Para realização do estudo foi delimitada uma porção da área urbana da cidade de Pelotas – R.S., que engloba o centro comercial e parte do bairro Porto, conforme mostra a figura 2. Os limites desta área de estudo estão claramente definidos: ao sul tem-se o Canal São Gonçalo, que constitui um limitador físico natural; a norte e a leste, os limites são duas importantes avenidas, respectivamente, Av. Bento Gonçalves e Av. Juscelino K. de Oliveira; a oeste tem-se o próprio limite do loteamento, que é evidenciado pela descontinuidade do traçado urbano.



**Fig. 2 Delimitação da área de estudo**

No censo demográfico realizado no ano 2000 pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) a população da cidade de Pelotas está computada em 320.850 habitantes, sendo que aproximadamente 35.876 habitantes encontram-se na área de estudo. Conforme as informações fornecidas pela Secretaria Estadual de Educação – Coordenadoria Regional de Educação de Pelotas (CRE05) – e pela Prefeitura Municipal de Pelotas, a cidade possui 49 escolas estaduais e 63 escolas municipais, considerando todos os níveis de ensino. Das escolas que apresentam vagas para o ensino médio, 16 são estaduais e 1 é do âmbito municipal, sendo que seis destas escolas encontram-se localizadas na área de estudo.

Estas 6 escolas públicas constituem os pontos de destino considerados no estudo, que são marcados no trecho de via correspondente ao acesso principal da escola. Os pontos de origem delimitados representam as residências dos alunos que caracterizam a demanda destas escolas. A identificação da demanda utiliza dois critérios considerados simultaneamente: faixa etária e renda familiar. Os alunos do ensino médio correspondem à faixa etária dos 15 aos 17 anos. A delimitação da faixa de renda dos alunos que necessitam usufruir do ensino público está fundamentada no conceito de salário mínimo necessário, conforme exposto na Constituição da República Federativa do Brasil, capítulo II, Dos Direitos Sociais, artigo 7º, inciso IV e conforme calculado pelo Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE, 2009).

Segundo a Constituição, o salário mínimo necessário se refere à quantia capaz de atender as necessidades vitais básicas de uma família. O valor calculado pelo DIEESE considera “em cada mês o maior valor da ração essencial das localidades pesquisadas. A família considerada é de dois adultos e duas crianças, sendo que estas consomem o equivalente a um adulto. Ponderando-se o gasto familiar, chegamos ao salário mínimo necessário.” No mês de março de 2010 este valor corresponde a R\$ 2.159,65, que equivale a 4,2 salários

mínimos vigentes. Para a delimitação da demanda neste estudo considera-se que jovens provenientes de famílias com renda até 5 salários mínimos frequentam o ensino público.

Com relação aos dados de faixa etária, convém ressaltar que o Plano Estadual de Educação relata uma taxa de distorção idade/série em decorrência de reprovações e de abandono e retomada dos estudos de jovens com idade diferente daquela recomendada para cursar cada série. E expõe uma taxa de abandono da escola, relacionada à precariedade do ensino e às condições de exclusão e marginalidade social em que vivem segmentos da população. No entanto, estas taxas são calculadas sobre o total de alunos na cidade, isto significa que algumas áreas da cidade podem concentrar altos índices de distorção e abandono, enquanto em outras áreas o valor das taxas está próximo a zero. Por isso, este estudo não considera as taxas de distorção idade/série e de abandono da escola para o cálculo da demanda.

Outra dificuldade imposta na delimitação da demanda se deve à diferença temporal entre o ano de realização deste estudo (2010) e o ano da coleta de dados do último censo publicado (2000). É possível fazer a projeção de crescimento da população a partir da taxa de crescimento estimada, mas a projeção por faixa etária seria pouco confiável. Estas operações com os dados, embora tenham o objetivo de ajustar os valores ou as quantidades para a realidade atual, podem gerar um grande acúmulo de erros impossíveis de serem identificados posteriormente, por isso, não são efetivadas aqui.

Os dados censitários utilizados no trabalho são computados por setores previamente definidos, segundo critérios elaborados pelo IBGE. Os dados de faixa etária e de renda familiar são independentes, ou seja, em cada setor censitário tem-se a quantidade de pessoas por idade e a quantidade de pessoas por faixa de renda. Para vincular esses dados calcula-se o percentual de pessoas com renda até 5 salários em cada setor censitário e aplica-se este percentual ao número de pessoas em cada uma das faixas etárias em estudo. Então, para cada setor censitário tem-se a quantidade de pessoas referente à demanda.

A última tarefa na definição dos pontos de origem consiste na adequação dos dados à unidade de representação espacial adotada – o trecho de via. A quantidade de pessoas referente à demanda em cada setor censitário foi dividida pelos trechos de via do setor. Os trechos que estão no limite entre dois setores recebem valores que correspondem à média entre ambos.

#### **4 REPRESENTAÇÃO DOS PERCURSOS ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DA MEDIDA DE CENTRALIDADE**

Nas investigações que abordam a formação de percursos urbanos muitos estudos desenvolvem medidas de diferenciação espacial para identificar os caminhos mais prováveis de serem utilizados pelas pessoas. Segundo Hillier *et al.* (1993), a escolha dos percursos está fortemente relacionada com a estrutura do sistema espacial urbano. No presente estudo utiliza-se a medida de centralidade desenvolvida por Krafta (1994) para identificar os percursos preferenciais realizados por alunos do ensino médio às respectivas escolas públicas no âmbito municipal e estadual. Esta medida identifica os espaços que fazem parte dos caminhos mais curtos entre todos os pares de pontos do sistema. Os espaços mais centrais são aqueles que fazem parte do maior número de caminhos. O modelo avança ainda para uma opção que considera a especificação dos pontos de origem e dos destinos, permitindo a leitura do fluxo direcionado – das origens para os destinos – e combinando a configuração da malha e os atratores (Krafta, 1998).

Esta medida de centralidade é calculada através do *software* “*Medidas Urbanas*” (Polidori *et al.*, 2001), que admite a criação de um banco de dados e permite o carregamento de atributos nos elementos do sistema. No caso deste trabalho, os atributos são os pontos de origem e destino, previamente especificados: residências dos alunos de ensino médio e respectivas escolas, distribuídas como mostra a figura 3. Os atributos são computados no *software* da seguinte maneira: o trecho de via correspondente ao acesso da escola é carregado com o atributo de destino. Do mesmo modo, cada trecho é carregado com o número de alunos do ensino médio. Os pontos de destino recebem pesos que correspondem às vagas oferecidas no ensino médio por cada escola, conforme a tabela 1.



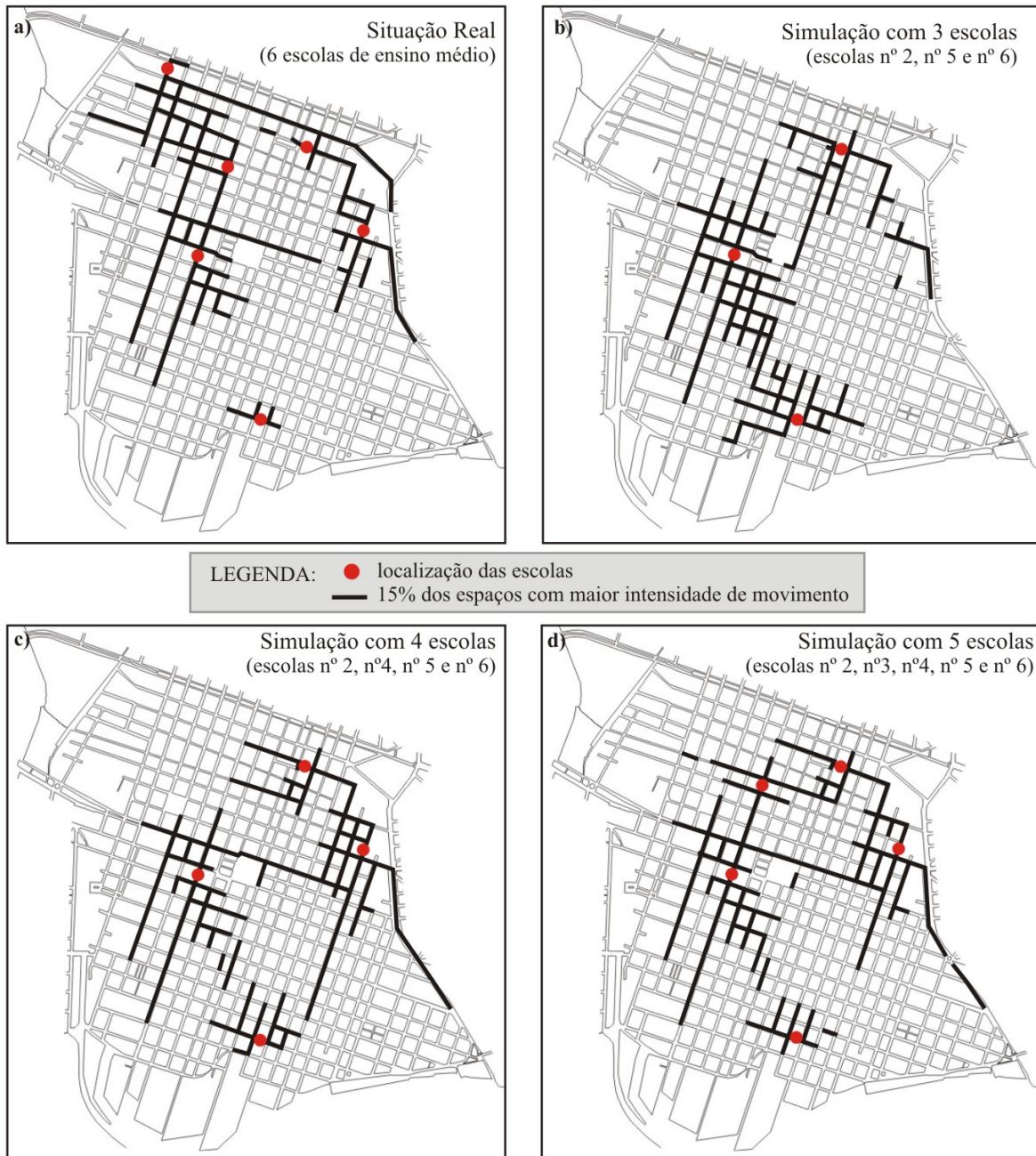
**Fig. 3 Localização das escolas de ensino médio na área de estudo**

**Tabela 1 Dados das escolas públicas de ensino médio na área de estudo. ID corresponde à identificação da localização da escola no mapa da figura 3**

ID	Esfera Administrativa	Vagas Médio
1	Municipal	1684
2	Estadual	701
3	Estadual	251
4	Estadual	940
5	Estadual	608
6	Estadual	532

Os diferentes pesos atribuídos a cada escola, bem como, as quantidades de residências são considerados no cálculo da medida de centralidade. Então, as escolas com maior número de vagas apresentam maior atratividade dentro do sistema, enquanto os espaços com maior quantidade de alunos geram maior número de percursos. A conexão entre cada par formado por um ponto de origem e um destino é considerada uma tensão, cujo valor é distribuído igualmente entre os espaços que compõem o caminho mais curto de ligação entre esses pares (Krafta, 1994).

A medida de centralidade é utilizada para a representação dos percursos em sete diferentes situações, sendo as quatro primeiras com os dados das escolas existentes e as últimas três situações incluindo novas escolas. O primeiro resultado representa a situação real, ou seja, com a quantidade e localização reais das escolas. Em seguida, são testadas três situações com menos escolas do que na realidade, considerando respectivamente três, quatro e cinco das escolas existentes. Estes resultados estão ilustrados na figura 4.



**Fig. 4 Representação dos espaços com maior intensidade de movimento, segundo os percursos dos alunos de ensino médio às respectivas escolas. a) Situação real, considerando as 6 escolas existentes como destino. b); c) e d) Considerando como destinos as escolas indicadas na figura, conforme o número da escola referente à identificação na figura 3**

No resultado que representa a situação real (figura 4a), observa-se a concentração de espaços com maior intensidade de movimento nas proximidades da localização da escola de número “1”. Também são identificadas duas vias no sentido leste-oeste e duas vias no sentido norte-sul que estão dentre as mais movimentadas. Quando são consideradas apenas três das escolas existentes (figura 4b), o resultado dos percursos modifica-se bastante e observa-se a concentração de espaços com maior intensidade de movimento próximo à escola de número “5”, em direção ao sul onde se localiza a escola de número “6”.

Nas situações com quatro e cinco escolas (figuras 4c e 4d, respectivamente), a aglomeração de espaços com maior intensidade de movimento é menor, sendo que duas vias no sentido norte-sul e uma via no sentido leste-oeste aparecem e são as mesmas identificadas na primeira situação. Na figura 4c, observa-se uma terceira via no sentido norte-sul que se destaca por apresentar espaços com maior intensidade de movimento.

É interessante salientar a questão da atratividade de cada escola, representada pelo peso atribuído em função do número de vagas. No primeiro caso, a escola de número “1”, que apresenta a maior quantidade de vagas, exerce uma grande atratividade no sistema, conforme observado no resultado dos percursos (figura 4a). No entanto, na situação que considera as escolas de números “2”, “5” e “6” (figura 4b), a concentração de espaços com maior intensidade de movimento está entre as escolas “5” e “6”, ao invés de estar nas proximidades da escola de número “2”, que apresenta maior número de vagas. Isto ocorre possivelmente pela influência da posição privilegiada da escola de número “5”, que se localiza mais ao centro na área de estudo e também pela relação entre as localizações dos pontos de origem e estas escolas.

As três últimas situações exploram a alocação de novas escolas na cidade. Para definir o peso dessas novas escolas foi calculada a média das vagas oferecidas pelas escolas existentes. O resultado, igual a 786 vagas, foi carregado no *software* como peso das escolas para a primeira situação, na qual uma nova escola é alocada e, para a segunda, que inclui duas novas escolas. Na terceira situação, consideram-se as mesmas duas escolas da situação anterior, mas altera-se o peso da segunda escola para 1500, com o objetivo de observar as mudanças geradas na configuração dos percursos com a alocação de uma nova escola, que oferece um número de vagas bastante acima da média oferecida pelas escolas existentes.

Nestes resultados, ilustrados na figura 5, é possível observar que os espaços com maior intensidade de movimento estão distribuídos de modo mais disperso nas três situações com as novas escolas, em comparação com a situação real (figura 4a). Em todas as situações (figura 5a; 5b e 5c) a concentração de espaços mais movimentados próximos à escola “1” diminuiu em relação à situação real. No entanto, observa-se que a sequência de espaços que identificam algumas vias com maior intensidade de movimento na situação real também estão em destaque nas situações em que são incluídas as novas escolas. Isto indica a importância destas vias na estruturação dos percursos relacionados às escolas de ensino médio. E pode sugerir, ainda, que sejam testadas outras localizações para as novas escolas, verificando-se a modificação ou não na estrutura de configuração dos percursos.

Nos dois primeiros resultados (figura 5a e 5b) em que as escolas apresentam pesos correspondentes ao valor médio, a configuração dos percursos é muito similar entre si. Entretanto, quando se aumenta o peso de uma das novas escolas, mantendo sua localização, observa-se a modificação na posição dos espaços com maior intensidade de



movimento. Isto demonstra que a atratividade, neste caso associada à capacidade de vagas das escolas de ensino médio, também é um fator importante a ser considerado no planejamento e na verificação da adequação do local em que é alocado um novo equipamento.



**Fig. 5** Representação dos espaços com maior intensidade de movimento, segundo os percursos dos alunos de ensino médio às respectivas escolas. Considerando como destinos todas as escolas existentes na cidade e incluindo: a) uma nova escola com peso igual a 786. b) duas novas escolas, cada uma com peso igual a 786. c) duas novas escolas, uma com peso igual a 786 e outra com peso igual a 1500

Convém ressaltar, que os resultados apresentados neste trabalho têm como meta evidenciar a inter-relação entre a configuração espacial, a distribuição dos equipamentos e a configuração de percursos urbanos. Por isso, a visualização se detém na representação dos espaços com maior intensidade de movimento, sem apresentar a distribuição dos valores da

medida de centralidade. O estudo apresenta potencial exploratório, incentivando a discussão sobre as situações apresentadas e permitindo que outras situações alternativas sejam propostas. O objetivo consiste em compreender a realidade para melhor atuar e criar novas realidades para a cidade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da representação dos percursos urbanos de alunos do ensino médio às respectivas escolas públicas da Cidade de Pelotas- R.S., este estudo busca elucidar como a distribuição dos equipamentos na malha urbana pode alterar de forma significativa a configuração dos percursos e, conseqüentemente, influenciar na mobilidade das pessoas na cidade. A abordagem sistêmica utilizada mostra-se eficaz para testar as diferentes situações propostas, bem como, a medida de centralidade representa de maneira adequada os efeitos da configuração e das diferentes localizações dos pontos de origem e destino na composição dos percursos urbanos.

O trabalho pretende contribuir para o conhecimento dos fatores que influenciam os deslocamentos urbanos e mostrar como é possível amenizar a intensidade de movimento em determinados espaços da cidade através da escolha consciente de novas localizações para os equipamentos urbanos. O estudo pode avançar na investigação da estrutura de percursos relacionados a outros equipamentos urbanos para avaliar quais espaços apresentam maior intensidade de movimento em vários destes percursos. O método desenvolvido e apresentado aqui pode ser um instrumento de auxílio às decisões de planejamento urbano, especialmente àquelas relativas ao uso do solo, distribuição de equipamentos urbanos e mobilidade urbana.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrat, A., Barthélemy, M. e Vespignani, V. (2008) **Dynamical Processes on Complex Networks**. Cambridge University Press, New York, USA.

Batty, M. (2007). Model Cities. Disponível em: [www.casa.ucl.ac.uk/workingpaper113](http://www.casa.ucl.ac.uk/workingpaper113).

Crucitti, P., Latora, V. e Porta, S. (2005) Centrality Measures in Urban Networks. **Physics** 0504163, v.2, Novembro 2005.

DIEESE (2009) Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. Salário Mínimo Nominal e Necessário. Disponível na internet: <http://www.dieese.org.br/rel/rac/salminMenu09-05.xml> Acessado em: junho, 2009.

Faria, A. P. F. e Zechlinski, A. P. P. (2007) Representação Espacial na Cognição Ambiental Urbana: aspectos de uso do solo e presença social. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE, Florianópolis, CD-ROM. ISBN 978-85-17-00031-7.

Harary, F (1969) **Graph Theory**. Addison-Wesley Publishing Company, USA.

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.



IBGE (2000) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2000.

Kasemsook, A. (2003) Spatial and Functional Differentiation: A Symbiotic and Systematic Relationship. **Proceedings 4th International Space Syntax Symposium**, London, 17-19 Junho 2003.

Krafta, R. (1994) Modelling Intraurban Configurational Development. **Environment & Planning B**, vol 21, janeiro 1994. London: Pion, p. 67-82.

Krafta, R. (1998) Configuração e Apropriação do Espaço Urbano. **Anais do Seminário Interdisciplinar sobre cidade e produção do cotidiano**, 1995, Recife, PE Brasil. v. 1. p. 83-94.

Plano Estadual de Educação do Rio Grande do Sul. Secretaria da Educação, Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível na internet: <http://www.educacao.rs.gov.br/pse/html> Acessado em: junho, 2009.

Polidori, M. C., R. Krafta e J. Granero (2001) **Medidas Urbanas®. Software Versão 1.15**. Desenvolvido pelo Grupo de Pesquisas em Sistemas Configuracionais Urbanos do Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Zechliniski, A. P. P. e Dominguez, E. M. (2009) Pedestres e Percursos Intra-Urbanos: o estudo dos deslocamentos de alunos às escolas públicas de ensino fundamental e médio na cidade de Pelotas-RS. **Anais XXIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Vitória, ES Brasil, 09-13 Novembro 2009.