

Resumo

Nas últimas décadas, vêm surgindo novas configurações urbanas – dispersas, descontínuas e de baixa densidade – distintas da tradicional cidade compacta, com evidentes implicações no desempenho urbano, embora ainda não totalmente conhecidas e estudadas. Entender os efeitos, principalmente aqueles não desejados, de certos padrões de ocupação urbana representa, hoje, grande desafio para o planejamento das cidades, sendo urgente aumentar sua compreensão a fim de melhor direcionar políticas urbanas. Recentes estudos têm buscado desenvolver metodologias para quantificar aspectos relacionados à dispersão urbana, consistindo em importantes avanços no sentido de tratar o tema com maior precisão. Apresentam, no entanto, limitações metodológicas no que tange à representação de certos aspectos do sistema espacial urbano, tais como configuração da rede de ruas e distribuição das atividades. Em outras palavras, boa parte dos estudos existentes sobre dispersão urbana não tem levado em conta a escala intraurbana. O presente artigo objetiva contribuir para o desenvolvimento de metodologias para avaliação da dispersão, aprofundando questões espaciais e configuracionais relacionadas ao tema, pouco exploradas até o momento, buscando referências na investigação sobre indicadores de desempenho urbano. Dessa forma, procura-se avançar na questão da mensuração da dispersão urbana através da introdução de sistema descritivo detalhado e indicadores sistêmicos baseados em medidas de acessibilidade entre locais de residência e locais de trabalho, item chave do desempenho urbano. O método proposto apresenta potencial para utilização em estudos comparativos sobre desempenho urbano de padrões dispersos, conforme demonstram os resultados obtidos.

Palavras-chave: dispersão urbana, indicadores de dispersão urbana, desempenho urbano.

1. Introdução

A produção e estruturação das cidades vêm se dando de forma cada vez mais dispersa. Apesar de significativo aumento populacional nas últimas décadas, percebe-se declínio acentuado nas densidades urbanas (Angel et al, 2010). Trata-se de marcante aspecto do processo de urbanização recente, observado em cidades do mundo todo, inclusive em cidades brasileiras (Reis, 2006).

Os motivos que têm levado à forma urbana dispersa são muitos, dentre eles pode-se citar mudanças nos padrões de consumo e produção; além de avanços nas tecnologias de comunicação, desenvolvimento de infraestruturas de transporte e popularização do automóvel. Este trabalho, no entanto, não tem por objeto de estudo causas históricas e socioeconômicas do fenômeno, já amplamente tratadas na literatura; mas sim a descrição precisa da dispersão urbana e aferição de efeitos no desempenho urbano.

Recentemente percebe-se um aumento de interesse no desempenho urbano desse padrão de urbanização. O debate sobre sustentabilidade, em especial, coloca em xeque o padrão disperso, tendo em vista os problemas e impactos a ele associados. A forma urbana dispersa frequentemente é tida, nos estudos urbanos, como sinônimo de baixo desempenho. Por implicar em maiores distâncias e maiores deslocamentos internos, principalmente por meio de veículos particulares, é usualmente associada a uma série de aspectos negativos, como aumento do tempo e custo dos deslocamentos, maior consumo de combustíveis fósseis, emissão de poluentes, e mau-aproveitamento da infraestrutura de transporte e serviços urbanos. Essas e outras supostas implicações do padrão de urbanização disperso vêm sendo relatadas na literatura, embora essas relações de causa-efeito não sejam totalmente conhecidas ou comprovadas, permanecendo no campo das conjecturas.

Métodos disponíveis para tais verificações, bem como estudos empíricos, apenas mais recentemente começaram a aparecer na literatura, consistindo em importantes avanços no sentido de tratar o tema com mais precisão. Tais métodos, mencionados no capítulo 2 deste artigo, no entanto, têm se focado excessivamente na questão das densidades populacionais e na forma urbana mais geral, sem, no entanto, avaliar particularidades intraurbanas, como a rede de ruas e a distribuição das atividades residenciais e não residenciais, e também seus graus de acessibilidade, aspectos esses mais diretamente relacionados com desempenho urbano.

No intuito de contribuir para o debate sobre a dispersão urbana, este trabalho aprofunda questões espaciais e configuracionais relacionadas ao tema da dispersão urbana, pouco exploradas até o momento. Para tanto, introduz uma abordagem sistêmica aos estudos sobre mensuração da dispersão urbana, buscando referências na investigação sobre indicadores de desempenho urbano desenvolvidos no âmbito de pesquisa dos Sistemas Configuracionais Urbanos. Propõe-se um índice de dispersão urbana baseado em medidas de acessibilidade, no intuito de mensurar desencontro entre locais de emprego e locais de residência, o qual constitui relevante aspecto para o estudo do desempenho urbano de padrões dispersos.

2. Dispersão Urbana e Métodos de Mensuração

O debate sobre a dispersão urbana é cheio de imprecisões, uma vez que não há consenso sobre o que é de fato dispersão e como ela se caracteriza. Muitos autores vêm

*urbansprawl*¹ como um conceito geral demais, sem definição precisa, e notoriamente muito difícil de definir. A falta de definição inequívoca do termo consiste em grande obstáculo para o desenvolvimento de metodologias de mensuração do fenômeno. Chin (2002) identifica, na literatura, quatro principais tipos de definições de dispersão urbana, utilizadas isoladamente ou em conjunto com outros, baseadas em critérios de: a) forma urbana; b) densidades; c) uso do solo; e d) efeitos.

Nas definições baseadas em **forma urbana**, a dispersão é concebida como todo padrão de crescimento urbano que vai contra o ideal da cidade compacta (Chin, 2002), e isso abarca grande variedade de formas urbanas. Tanto o crescimento suburbano contíguo ao centro principal como o crescimento sob a forma de núcleos de urbanização distribuídos no território é classificado como disperso, embora suas morfologias e efeitos resultantes sejam amplamente diferentes.

Há também definições baseadas em critérios de **densidade**, que trabalham com a noção de baixa densidade (populacional ou de habitações) para identificar e caracterizar a dispersão urbana. Essa noção, no entanto, frequentemente não é mensurada, nem explicada adequadamente (Chin, 2002), possivelmente pelo fato de sua verificação envolver uma série de dificuldades e divergências.

Definições baseadas em **uso do solo**, por sua vez, tendem a associar dispersão à segregação de usos do solo, e, frequentemente, a extensas áreas monofuncionais de ocupação residencial unifamiliar. Esse tipo de definição é geralmente utilizado combinado com definições que incluem descrições da forma urbana ou da distribuição de densidades.

Por fim, há autores que procuram caracterizar a dispersão urbana segundo seus **efeitos**. Conforme Chin (2002), um dos primeiros autores a trazer essa noção foi Ewing, em 1994. Esse tipo de abordagem traz implícita a ideia de que são os efeitos que tornam a dispersão urbana indesejável, e não a forma em si.

Mais recentemente, dispersão urbana vem sendo concebida como fenômeno **multidimensional**, que requer diferentes indicadores para cada dimensão, o que amplia o leque de possibilidades para operacionalização de medidas de dispersão urbana, uma vez que o foco não fica restrito a um único critério de definição. Galster et al (2001), Ewing et al(2002), Bertaud e Malpezzi (2003), Ribeiro e Holanda (2006), Ojima (2007), Torrens (2008) e Frenkel e Ashkenazi (2008) são alguns dos autores que tem avançado nessa direção. Todos

¹ Na literatura de língua inglesa o fenômeno da dispersão urbana é conhecido como *urban sprawl*, termo frequentemente utilizado para designar expansão descontrolada das aglomerações urbanas norte-americanas. Embora utilizado para designar processos semelhantes em outras partes do mundo, o termo é muito associado às especificidades do caso americano, e por isso será evitado nesse trabalho.

possuem em comum o esforço em operacionalizar medidas quantitativas de dispersão urbana, tanto para acompanhar o processo evolutivo do fenômeno ao longo do tempo, como para análises comparativas entre diferentes cidades.

Tais estudos são de grande relevância por trazerem metodologias e indicadores quantitativos que complementam estudos descritivos sobre dispersão urbana. Apresentam, no entanto, algumas limitações, que se encontram resumidas a seguir:

(i) Muita ênfase é dada à questão das densidades e forma urbana. Poucos estudos enfatizam a questão dos efeitos da dispersão no desempenho urbano.

(ii) Em geral, se restringem a abordagens na escala metropolitana. Poucas explorações são feitas na escala intraurbana, o que significa que particularidades da forma urbana, como configuração da rede de ruas e distribuição precisa das atividades têm ficado de fora dos estudos sobre dispersão urbana.

(iii) Métodos existentes dificilmente capturam sub-centros, e quando o fazem, não permitem fazer uma relação direta com as densidades residenciais. Evidências empíricas, no entanto, mostram que as cidades são cada vez menos monocêntricas e “mesmo as cidades que ainda têm um centro vital e tradicional, tipicamente possuem vários sub-centros que competem com o centro em termos de emprego” (Maraschin, 2009, p.40).

(iv) Em sua maior parte, utilizam indicadores não sistêmicos, não avaliando aspectos como, por exemplo, interação espacial entre locais de residência e locais de concentração de empregos/serviços.

3. Indicadores de Desempenho Urbano

Indicadores consistem em estatísticas que fornecem alguma espécie de medida para determinado fenômeno de interesse, indicando como um tema particular é estruturado ou como ocorrem modificações ao longo do tempo. O valor de indicadores como uma forma de conhecimento baseia-se no seu processo metodológico de trazer noções sobre problemas sociais ou políticas públicas para medidas mais específicas e concretas que subsidiem o planejamento, mediante metodologias quantitativas (Wong, 2006). Nesse sentido, são extremamente úteis para fins comparativos e monitoramento de mudanças ao longo do tempo, auxiliando a identificar tendências e impactos no desempenho urbano, que por sua vez, implica diretamente em alguma forma de avaliação.

Netto e Krafta (2009, 2010), entre outros autores, criticam indicadores usualmente utilizados para fins de planejamento urbano, por não levarem em conta variações espaciais na qualidade dos espaços urbanos, nem os processos dinâmicos que ocorrem nas cidades.

Conforme os autores, muitos desses métodos tradicionais consistem em apontamentos de proporção entre fatores ou medidas de intensidade de presença, ou seja, baseiam-se em avaliações não sistêmicas, incapazes de demonstrar implicações de padrões de urbanização no desempenho urbano.

Netto e Krafta (2009, p. 163) destacam a importância da relação entre interatividade dos agentes e conectividade do sistema espacial, ao sugerir que “um sistema de análise focada em comportamento urbano deve verificar padrões de proximidade/distância entre agentes, e ganhos/perdas em cenários de novas localizações ou modificações na malha de acessibilidade sobre o desempenho”. Nesse sentido, os autores recomendam que “indicadores devem permitir avaliar as condições de interação entre agentes” e também “avaliar a capacidade da estrutura urbana em dar suporte à rede de interações”. A compreensão da cidade como um sistema constituído de diversas partes e suas relações permite entendê-la não só como um conjunto de edificações e espaços intersticiais, mas como uma gigantesca infraestrutura de suporte à vida social.

Assim sendo, a modelagem de determinados aspectos da configuração urbana e da distribuição das atividades poderia fornecer indicações mais concretas sobre desempenho urbano. Tal abordagem é consistente com ideias desenvolvidas por Bertuglia e seus colegas (1994), que apresentam um quadro conceitual para concepção de um sistema de avaliação de desempenho de abordagem sistêmica, através de indicadores baseados em modelos.

Modelos desenvolvidos no campo dos estudos configuracionais mostram-se particularmente úteis para produzir indicadores de desempenho urbano dentro da abordagem acima delineada (Krafta, 2008). A relevância dessas medidas, baseadas em certas propriedades espaciais como distância relativa (acessibilidade) e posição relativa (centralidade), reside no pressuposto de que espaços urbanos privilegiados em termos de localização tendem a assumir características diferenciadas em relação ao restante do sistema, como maior movimentação de pedestres, maior concentração de atividade comercial, ou valor da terra mais alto. Netto e Krafta (2009, 2010) salientam que a contribuição a ser derivada dos estudos configuracionais se refere justamente à captura mais precisa da distribuição desigual das acessibilidades impostas pela estrutura física das cidades. Essas metodologias, portanto, podem fornecer a urbanistas e planejadores urbanos instrumentos para aferir desempenho de sistemas espaciais a nível intraurbano. Tendo em vista a natureza do fenômeno que se pretende analisar, interessam a essa pesquisa principalmente os modelos baseados em distância relativa – mais especificamente, em medidas de acessibilidade.

4. Índice de Dispersão Urbana Baseado em Medidas de Acessibilidade

Em sistemas urbanos mais dispersos, as distâncias costumam ser maiores, levando a população a percorrer caminhos mais longos para chegar aos seus destinos. Na ausência de sistemas de transporte público eficientes, esses deslocamentos acabam ocorrendo, em sua maior parte, através de veículos particulares, gerando uma série de efeitos. Destaca-se também o impacto que padrões mais dispersos podem representar à relação proximidade entre firma e trabalhador e à própria mobilidade do trabalhador (Netto e Krafta, 2009). Visto que boa parte dos deslocamentos diários ocorre do local de residência ao local de trabalho/estudo² uma medida confiável para aferição de feitos da dispersão, deveria levar em conta não apenas a distribuição espacial da população, mas também sua relação com locais de emprego. Contudo, tais aspectos só podem ser mensurados de maneira consistente levando-se em conta detalhes intraurbanos, como a distribuição das atividades urbanas e as condições de acesso a elas, impostas pela conectividade da malha urbana.

Conforme Ewing (1997), a dispersão obstrui a acessibilidade de duas maneiras: a) moradores encontram-se geralmente distanciados das atividades não residenciais, como locais de empregos, de compras e de recreação; b) atividades não residenciais encontram-se distantes umas das outras. Ambos são efeitos não desejados da dispersão no desempenho urbano, pois prejudicam a eficiência dos padrões de deslocamento da população.

Acessibilidade é um aspecto diretamente relacionado com desempenho urbano e frequentemente citado nos estudos sobre dispersão, mas pouco explorado metodologicamente, ou seja, em termos de operacionalização de medidas. O presente estudo procura suprir essa lacuna propondo um índice de dispersão baseado em medidas de acessibilidade, verificando desencontro entre locais de residência e locais de emprego.

Tal verificação leva em conta dois aspectos: a) rede de espaços públicos (se for mais fragmentada ou mais extensa esse sistema terá um grau de dispersão maior); b) desencontro entre as atividades (se uma quantidade significativa de atividades não residenciais estiver distante das localizações residenciais, esse sistema tem um grau de dispersão maior). Para a mensuração destes aspectos propõe-se a utilização de indicadores de acessibilidade baseados em modelos gravitacionais, que levam em conta relações do tipo origem-destino. Antes da explicação da medida propriamente dita, convém uma explicação sobre o método de representação utilizado.

² A pesquisa de origem e destino realizada pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre (EDOM, 2004), por exemplo, aponta que 67% dos motivos das viagens se referem a trabalho ou estudo.

4.1. Representação do sistema espacial urbano

Neste trabalho, o sistema espacial urbano – entendido como uma rede espaços públicos que conectam e dão acesso às formas construídas – é descrito por meio de grafos. Os nós representam localizações urbanas que contém porções de formas edificadas e as linhas representam segmentos de rua.

A cada entidade (nó) é atribuído o tipo de uso do solo, residencial ou não residencial – ou ambos. Cada nó recebe também um carregamento quantitativo que representa uma noção do peso daquela localização em relação às demais no sistema. Em outras palavras, esses pesos podem ser utilizados para diferenciar localizações em termos de, por exemplo, quantidade de população residente ou número de domicílios, no caso do uso do solo residencial; e número de postos de trabalho ou vagas escolares, no caso do uso do solo não residencial.

O método de representação adotado evidencia relações entre os elementos, aqui chamadas de interações espaciais³, ou seja, evidencia de que maneira duas localizações se conectam através da rede espacial urbana. Procura-se, dessa forma, uma maneira de obter algum avanço em relação a tradicionais análises espaciais intraurbanas que usualmente trabalham com unidades de análise isoladas, como, por exemplo, bairros e setores censitários.

Ressalta-se aqui o alto grau de abstração do método descritivo adotado, bastante utilizado em estudos configuracionais, mas pouco usual em outros tipos de abordagens. Apesar de reduzir a cidade a linhas e nós, tal tipo de representação apresenta potencialidades, sendo que a principal delas está em evidenciar conexões espaciais entre localizações urbanas que contém determinadas atividades, permitindo desenvolvimento de um índice de dispersão urbana centrado na questão da acessibilidade.

4.2. Método de cálculo

Acessibilidade pode ser entendida genericamente como facilidade de acesso, ou, na definição de Ingram (1971), capacidade de ser alcançado, implicando, portanto, em uma medida de proximidade entre dois pontos. Nesse caso, pode ser medida em termos de distância relativa de cada localização urbana a todas as demais. Em sua formulação mais

³ Conforme Haynes e Fotheringham (1984) interação espacial é um termo que abarca qualquer movimento sobre o espaço que resulte de processos humanos, incluindo movimentos pendulares e migração, entre outros.

básica, a acessibilidade pode ser calculada pelo somatório de distâncias de um espaço a todos os outros, de modo que o espaço mais acessível é aquele que apresenta a menor soma das distâncias, ou seja, é o espaço que está mais próximo dos demais.

O cálculo da medida de acessibilidade baseada em modelos gravitacionais parte da ideia de que acessibilidade entre uma origem e um destino carece dos seguintes componentes: capacidade de uma origem em gerar viagens; habilidade de um destino em atrair essas viagens; distância a ser percorrida entre origem e destino; e algum mecanismo de ponderação que desencoraje viagens muito longas (Thomas and Huggett, 1980 apud Torrens e Alberti, 2000).

A medida que se pretende explorar aqui é uma medida de acessibilidade ponderada. A diferença, em relação à medida simples de acessibilidade, é que a ponderada ao invés de analisar todas as interações espaciais possíveis entre todos os pares do sistema trabalha apenas com pares de entidades complementares, isto é, que tenham algum tipo específico de relação (residência-trabalho, por exemplo), que pode ser lida como uma relação do tipo origem-destino ou demanda-oferta. Para esta pesquisa, considerou-se locais de residência correspondem à origem e que locais de trabalho correspondem a destino.

O primeiro passo para o cálculo da acessibilidade ponderada se refere, portanto, à identificação dos pares origem-destino e sua representação por meio de um grafo. Só entram no cálculo os pares que possuem como origem algum atributo residencial e como destino algum atributo não residencial. Dessa forma, a acessibilidade ponderada é calculada da seguinte maneira:

$$AceP = \sum [at O_i \times at D_j \times d_{ij}]$$

Sendo,

AceP = Acessibilidade Ponderada

at O_i = atributo de origem na entidade i

at D_j = atributo de destino na entidade j

d_{ij} = distância entre i e j

Propõe-se, finalmente, um Índice de Dispersão que sintetiza os valores de acessibilidade ponderada encontrados para cada parte do sistema em uma única medida, possibilitando estudos comparativos entre diferentes sistemas. Esse índice se refere à média das distâncias entre locais de residência e trabalho, e é calculado por meio da média ponderada dos valores, podendo ser expresso pela seguinte equação:

$$I(D) = \frac{\sum AceP}{(\sum at O \times \sum at D)}$$

Sendo,

$I(D)$ = Índice de dispersão do sistema

$AceP$ = Acessibilidade Ponderada

$\sum at O$ = somatório dos atributos de origem

$\sum at D$ = somatório dos atributos de destino

Ao utilizá-lo para comparar diferentes sistemas espaciais, os resultados indicam quais sistemas oferecem maiores distâncias entre origem e destino. Com isso, tem-se um indicador de desempenho urbano sistêmico, isto é, que captura a relação espacial entre as entidades.

4.3. Operacionalização da medida

Apesar do cálculo simples, a medida requer grande volume de procedimentos e de cálculos, tendo em vista que todos os pares precisam ser analisados, um a um. Por isso, optou-se por utilizar o Numerópolis⁴, software programado com um conjunto de algoritmos que realiza o processo de cálculo da medida de acessibilidade ponderada. Após montar o grafo dentro do *software*, é preciso atribuir a cada nó do grafo seu respectivo uso do solo (origem ou destino). O modelo considera sempre a interação espacial⁵ entre dois pontos, um de origem e outro de destino. Dessa forma, são considerados sempre pares origem-destino.

Cada nó é carregado, no software, com algum atributo numérico que corresponda ao potencial de gerar fluxos ou de atrair fluxos, ou ambos. Estes podem ser quantificados, respectivamente, pelo número de moradores ou número de domicílios, e pelo número de empregos ou número de estabelecimentos comerciais, por exemplo. Já as distâncias, consideradas como medidas do menor trajeto possível entre duas localizações, são obtidas através da mensuração em unidades métricas dos segmentos de rua que fazem parte do caminho mínimo entre os pontos considerados.

4.4. Estudos exploratórios

⁴ Software desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa Sistemas Configuracionais do Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da UFRGS.

Alguns estudos exploratórios foram realizados no intuito de testar a sensibilidade da medida de Acessibilidade Ponderada e do Índice de Dispersão Urbana do sistema a variações nos padrões de localizações de atividades e na configuração espacial da malha viária. Foram utilizados pequenos sistemas teóricos, na forma de grafos, representando, de modo simplificado, diferentes possibilidades de padrões urbanos. Procurou-se utilizar grafos bastante simples - cuja comparação fosse fácil e intuitiva. Esses estudos permitiram entender melhor como os resultados se comportam a partir de alterações em cada uma das seguintes variáveis: a) configuração da malha viária; b) atributos de destino (locais de emprego); c) atributos de origem (locais de residência).

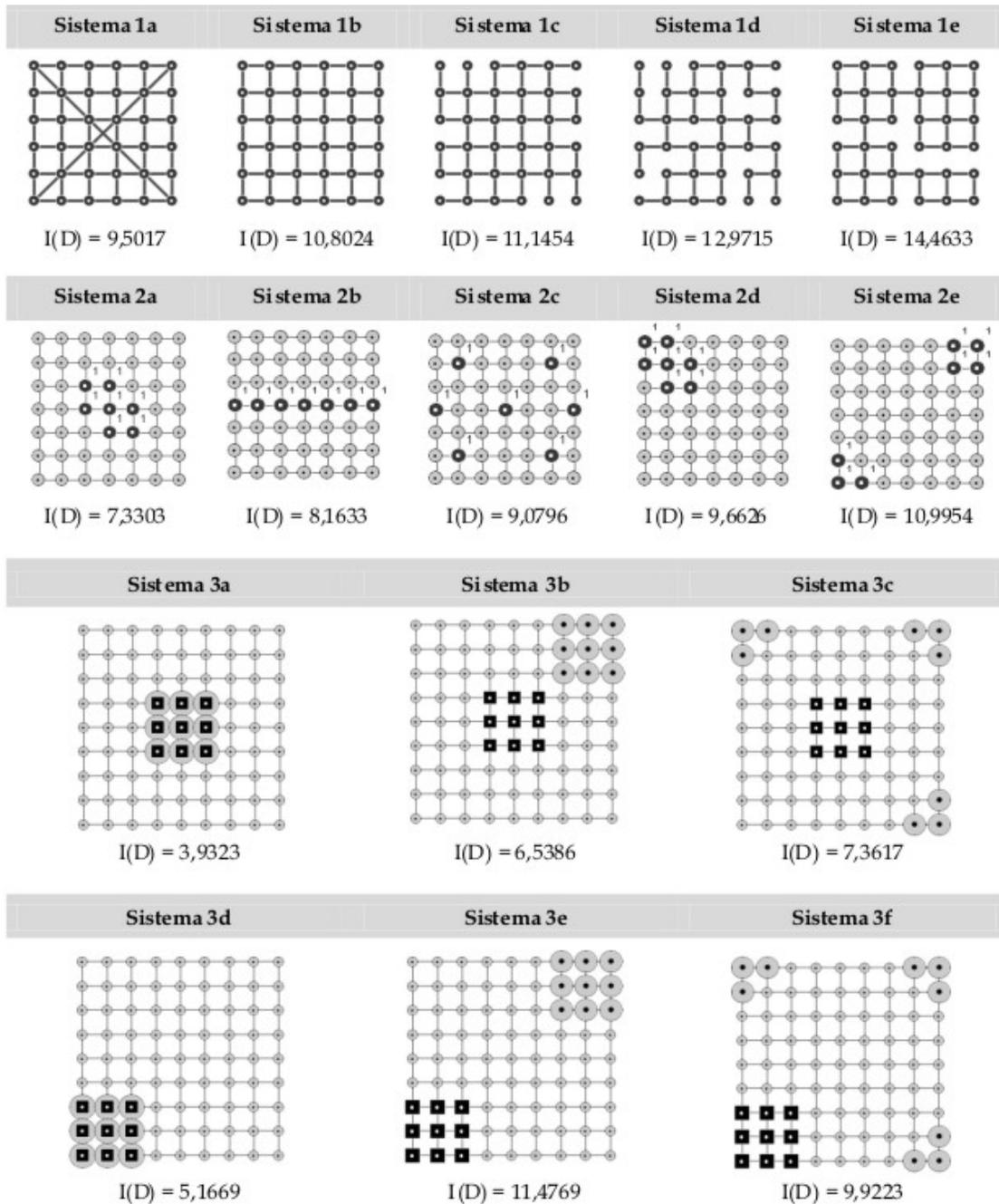
O conjunto completo de estudos exploratórios pode ser encontrado em Gonçalves (2011). A Figura 1 mostra exemplos de testes realizados, com seu respectivo resultado para o Índice de Dispersão Urbana. No primeiro conjunto foram testados diferentes padrões de configuração de malha. No segundo, as medidas foram aplicadas a sistemas com diferentes padrões de distribuição dos locais de empregos, sendo estes representados por nós mais escuros. No terceiro foram testados diferentes padrões de distribuição de empregos (destinos) e de residências (origens). Os resultados foram avaliados por meio de análise visual e análise estatística.

Para testar a sensibilidade do indicador à configuração da malha viária, foram comparados os resultados para 5 sistemas teóricos, com variações no grau de conectividade dos nós, isto é, no número de ligações entre eles e na configuração dessas ligações, representando diferentes tipos de malhas urbanas. Dessa forma, conforme mostrado na Figura 1, o Sistema 1a corresponde a uma grelha com diagonais que cruzam o sistema, o Sistema 1b corresponde a uma grelha perfeita, o Sistema 1c corresponde a um sistema levemente fragmentado nas bordas, o Sistema 1d corresponde a uma configuração labiríntica, e o Sistema 1e corresponde a uma configuração em núcleos com poucas conexões entre si. Constata-se que o Índice de Dispersão vai aumentando conforme se diminuem o número de conexões entre os nós, isto é, as distâncias percorridas para chegar a todos os destinos aumentam.

Já o segundo conjunto mostra diferentes distribuições nos locais de trabalho. No Sistema 2d os empregos estão concentrados em um único núcleo em um dos cantos do sistema; no Sistema 2b estão distribuídos linearmente; no Sistema 2e há dois núcleos; e no Sistema 2c a distribuição é difusa. Os nós que contém atributos de emprego (destino) estão representados por pontos na cor preta. Os nós que contém atributos de residência (origem) estão representados na cor cinza. O Sistema 2e é o que apresentou maior Índice de Dispersão,

por ter a oferta de emprego toda na periferia do sistema, nos nós com menor acessibilidade. Já em 2a, os empregos estão concentrados no centro, ou seja, em locais com alta acessibilidade, por isso o Índice de Dispersão ficou maior.

Figura 1 - Estudos exploratórios



Por fim, foram testadas duas diferentes distribuições dos empregos e combinadas com três possíveis distribuições de população. Percebe-se que quando os empregos estão na

borda do sistema, as distâncias sempre aumentam em relação aos sistemas com os empregos no centro geográfico. Quando a população está desencontrada dos locais de emprego as distâncias também aumentam, e esse aumento é visivelmente mais expressivo se os empregos estiverem nas bordas do sistema.

Finalizando, os resultados demonstram que o Índice de Dispersão proposto é sensível tanto à mudança na posição das concentrações de locais de emprego e de residência quanto à configuração da malha viária. Quanto mais os empregos estiverem concentrados nos nós mais acessíveis do sistema, menor será a distância média entre locais de residência e emprego – independentemente da distribuição das moradias. Se os empregos estiverem mais difusos ou localizados em pontos de baixa acessibilidade, o Índice de Dispersão aumenta significativamente. Percebe-se ainda que o índice tende a diminuir quando há maior conectividade entre os nós. Sistemas de tamanhos diferentes (variando o número de entidades) também podem ser comparados, uma vez que a média dá conta de relativizar o número de entidades.

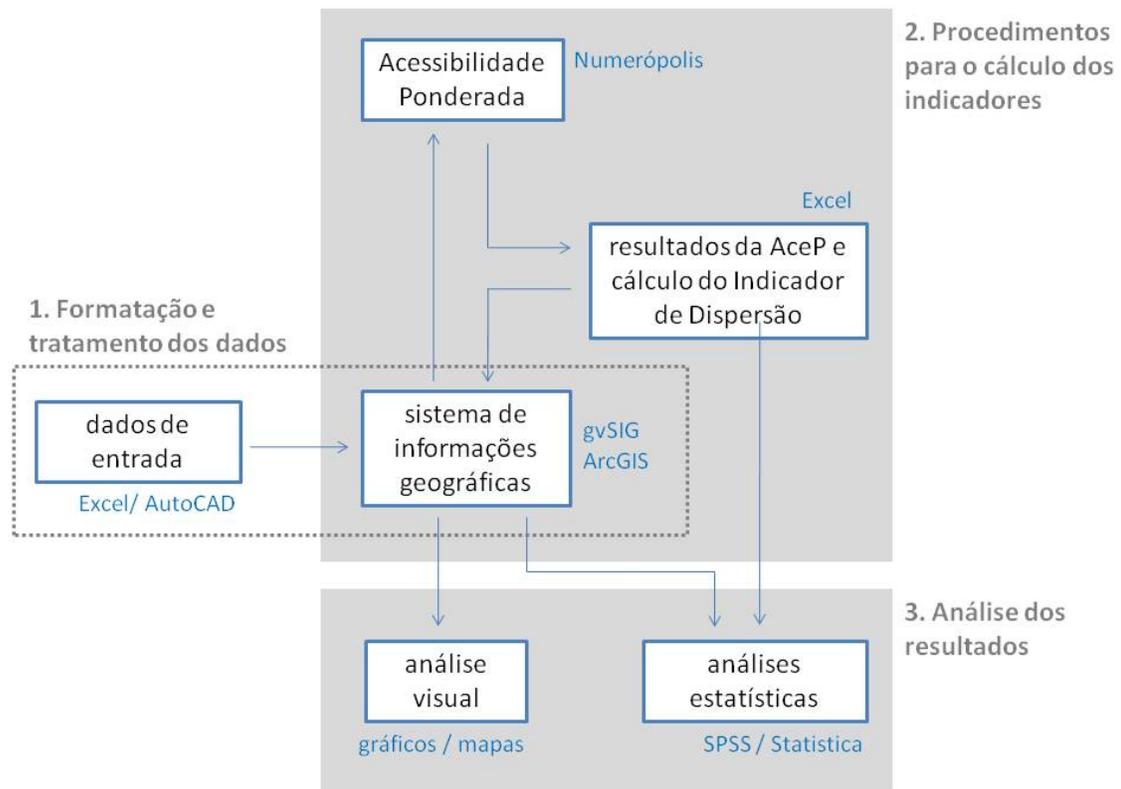
5. Estudo de Caso

O Índice de Dispersão foi testado também em estudo de caso empírico. A cidade escolhida foi Torres-RS, em função da disponibilidade de dados sobre localizações não residenciais, que em geral são de difícil obtenção. A metodologia se divide em três etapas, envolvendo diferentes procedimentos e plataformas computacionais, que são resumidas na Figura 2 e detalhadas em seguida.

5.1. Formatação e tratamento dos dados

A primeira etapa da metodologia consistiu na construção do grafo, onde cada nó representa uma porção de espaço urbano e cada linha representa um trecho de rua. Em seguida se procedeu à seleção e formatação dos dados para alimentar o grafo, isto é, atribuir carregamentos aos nós. Fontes diversas foram utilizadas nessa pesquisa, para compor o conjunto de dados necessários, os quais foram uniformizados com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e técnicas de geoprocessamento, compondo, dessa forma, um banco de dados para alimentar o modelo.

Figura 2 – Resumo dos procedimentos e suas respectivas plataformas computacionais.



Para o carregamento das localizações residenciais, ou seja, dos atributos de origem, foram utilizados número de domicílios particulares permanentes ocupados, obtidos na Sinopse do Censo Demográfico 2010 do IBGE. Para o carregamento das localizações de emprego - ou seja, os atributos de destino - utilizou-se o levantamento realizado pela Prefeitura Municipal, em 2008, sobre a localização de todos os estabelecimentos de comércio e serviços da cidade, na falta de informações mais detalhadas sobre localizações dos postos de trabalho. Assumiu-se que os empregos na cidade de Torres se concentram nesses estabelecimentos de comércio e serviços. Trata-se de um recorte no conjunto de atividades de trabalho, pois deixa de fora outras formas, como, por exemplo, os empregos na construção civil e empregos públicos.

Com estes procedimentos foi possível atribuir a cada nó do grafo de Torres, valores sobre sua quantidade de domicílios e de estabelecimentos de comércio e serviços, que correspondem, respectivamente, a capacidade de cada local de gerar deslocamentos (origem) e de atrair deslocamentos (destino).

5.2. Cálculo dos indicadores

A segunda etapa envolveu: a montagem do modelo, composto por um grafo carregado com atributos de origem e destino; cálculo da medida de acessibilidade ponderada em software específico (Numerópolis); o cálculo do Indicador de Dispersão no Excel; e o retorno dos resultados a um SIG para a visualização e armazenamento dos resultados.

Para fins comparativos, o ideal seria ter uma série histórica com dados do município, para verificar se em uma perspectiva evolutiva tem havido maior desencontro dos locais de trabalho com locais de emprego. Na falta de dados referentes a outras épocas, optou-se por trabalhar com cenários hipotéticos representando diferentes distribuições de moradias e empregos, conforme mostra a Figura 3.

O primeiro deles (COM-1), que representa o cenário mais próximo da realidade, foi carregado com pesos que correspondem aos dados do levantamento feito pela Prefeitura Municipal. A concentração maior é no Centro, mas existem alguns estabelecimentos de comércio e serviços em outros locais também. O segundo (COM-2) é uma variação desse cenário, levando em conta apenas estabelecimentos comerciais localizados no Centro. O terceiro (COM-3) representa um cenário hipotético, caso fosse aumentada significativamente a concentração de empregos ao longo dos eixos estruturadores do município.

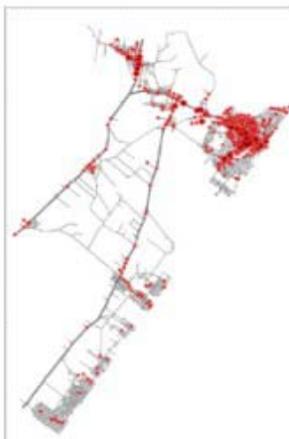
Da mesma forma, diferentes cenários de distribuição de domicílios são testados: um cenário mais próximo da realidade (DOM-1), pois considera os valores obtidos através de dados do IBGE, do Censo 2010; e um cenário hipotético (DOM-2), onde são aumentadas as concentrações de domicílios nas extremidades do gráfico, simulando uma situação de maior dispersão da atividade residencial.

Cada um dos três padrões de distribuição de empregos foi combinado com os dois padrões de distribuição de domicílios, totalizando 6 combinações de padrões de origem e destino. A Tabela 1 registra os resultados encontrados.

Figura 3 - Diferentes padrões de distribuição dos estabelecimentos de comércio e serviços e de domicílios

Distribuição dos estabelecimentos de comércio e serviços

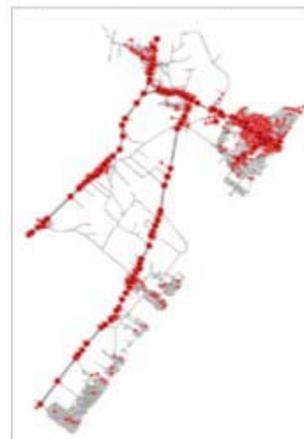
Cenário 1 (COM-1)



Cenário 2 (COM-2)

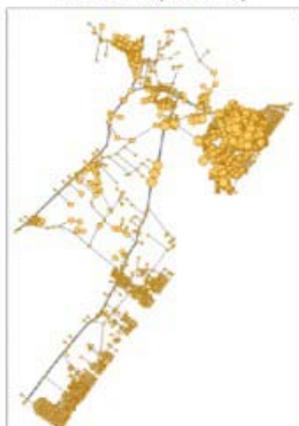


Cenário 3 (COM-3)



Distribuição dos domicílios

Cenário 1 (DOM-1)



Cenário 2 (DOM-2)

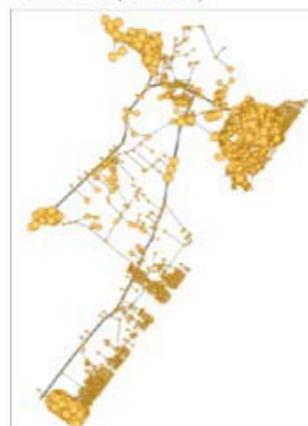


Tabela 1 - Resultados do Indicador de Dispersão

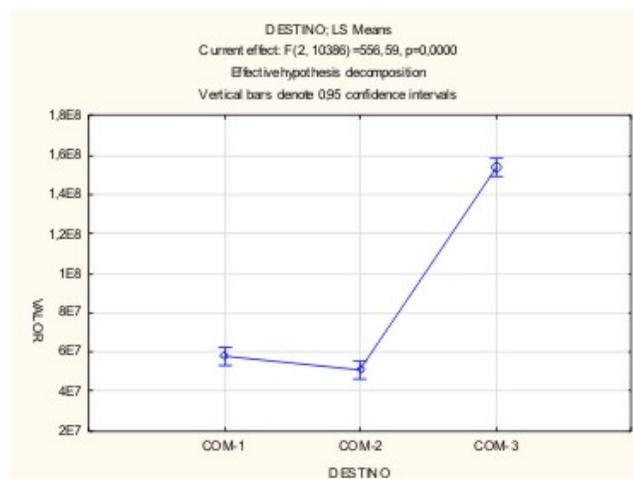
	atributos de origem domicílios	atributos de destino estabelecimentos de comércio e de serviços	Resultados Índice de Dispersão
A	DOM-1	COM-1	3.869
B	DOM-1	COM-2	3.181
C	DOM-1	COM-3	5.331
D	DOM-2	COM-1	6.144
E	DOM-2	COM-2	5.850
F	DOM-2	COM-3	6.810

5.3. Análise dos resultados

Os resultados foram analisados por meio de teste estatístico de variância fatorial (Factorial ANOVA). Essa análise confirma que os valores apresentam diferenças altamente significativas entre si ($p=0,000$), e que os dois fatores (origem e destino) podem ser analisados isoladamente, uma vez que são independentes. Em seguida se fez o teste de *post-hoc* de Fisher para analisar cada um dos fatores. O teste aponta, conforme mostrado na Figura 4, que independentemente dos locais de origem, quando os destinos se concentram apenas no Centro (COM-2), ocorre uma pequena diminuição no Indicador de Dispersão, com significativa diferença ainda ($p=0,0000$). Quando os destinos assumem o padrão linear (COM-3), ou seja, quando estão menos concentradas no Centro, o aumento no Indicador de Dispersão é significativamente maior ($p=0,0000$).

Em relação às origens, independentemente do padrão de localização dos estabelecimentos de comércio e serviços, quando a concentração dos domicílios se dá em núcleos distantes dos pontos mais acessíveis do sistema, o Indicador aumenta significativamente ($p=0,0000$), conforme mostra o gráfico da figura 4.

Figura 4 - Gráficos mostrando como os resultados se comportam: a) para cada um dos padrões de destinos testados; b) para cada um dos padrões de origens testados.



5.4. Discussão dos resultados

Constata-se que quanto mais a oferta de empregos estiver concentrada em locais bastante acessíveis, isto é, com as menores distâncias a todos demais locais do sistema, menor será o Índice de Dispersão. Da mesma forma, se os domicílios estiverem concentrados em locais bastante acessíveis, o Índice cai. Verifica-se que distâncias intraurbanas não são influenciadas apenas por situações de desencontro entre atividades, mas também pelo grau de acessibilidade em que essas concentrações de atividades se localizam.

Assim, o topo do *ranking* foi ocupado pelo sistema que combina o padrão mais disperso de distribuição dos empregos com o padrão mais disperso de distribuição da população (Sistema F: DOM-2 e COM-3). Tal resultado faz sentido, uma vez que esse arranjo é o que coloca as atividades em situação mais desencontrada e com maior concentração de empregos em locais de baixa acessibilidade. Além de estarem desencontradas as atividades

estão concentradas em locais pouco acessíveis, na extremidade do sistema. A interpretação disso, é que esse sistema tenderia a apresentar grande quantidade de fluxos ocorrendo em distâncias maiores, em relação aos outros sistemas testados. O sistema representando ambas as atividades, residenciais e de trabalho concentradas em um único centro (Sistema B: DOM-1 e COM-2), por sua vez, obteve o menor valor para o Indicador de Dispersão.

Dessa forma, constata-se que os indicadores propostos possibilitam avaliar condições de interação espacial entre atividades complementares, como é o caso das relações casa-trabalho, sendo, portanto, úteis à avaliação de desempenho urbano. Cabe ressaltar que o presente estudo de caso decorreu de enorme simplificação destas relações, uma vez que reconheceu apenas os pontos fixos de trabalho, contabilizados aqui pelo número de estabelecimentos de comércio e serviços. Trata-se de um recorte, que apesar da simplificação permanece válido para a averiguação do método. A relevância deste estudo não está tanto em seu valor empírico, mas sim no desenvolvimento metodológico delineado.

6. Conclusões e Possibilidades de Desdobramentos

O presente trabalho se propôs a contribuir para o desenvolvimento de metodologias para avaliação da dispersão urbana, aprofundando questões espaciais relacionadas ao fenômeno e aferição de efeitos. Procurou-se avançar na questão da mensuração/avaliação da dispersão urbana através da introdução de métodos descritivos mais precisos e indicadores sistêmicos para avaliação de desempenho urbano.

Os testes realizados indicam que o método mostra-se compatível com o problema da dispersão urbana, apresentando potencial especialmente para estudos comparativos do fenômeno. Já o Índice de Dispersão urbana permite verificar em que grau isso ocorre no sistema, possibilitando comparar diferentes sistemas.

Em relação à avaliação da dispersão urbana, os indicadores propostos apenas analisam um de seus aspectos, a acessibilidade, enfatizando o problema das distâncias intraurbanas. Ressalta-se aqui a importância de verificá-los em conjunto com diferentes indicadores, representativos de outras dimensões igualmente relevantes da dispersão urbana, seguindo a tendência recente de tratar o fenômeno como multidimensional.

A metodologia proposta procurou uma aproximação com o debate sobre desempenho urbano. A relação de acessibilidade entre locais de emprego e de moradia é aspecto chave para verificação de efeitos da dispersão, embora ainda não constitua um indicador verdadeiramente de desempenho urbano, o que envolveria maior complexidade

metodológica. O índice de dispersão desenvolvido nesta pesquisa teria que ser, em primeiro momento, relacionado a categorias de desempenho, como eficiência, equidade e sustentabilidade, por exemplo. O segundo estágio de tal exploração envolveria a correlação de indicadores morfológicos, como os indicadores propostos nesta pesquisa, com medidas sobre efeitos positivos e negativos, como, por exemplo, indicadores de poluição, consumo de combustível e custos de transporte, entre outros, evidenciando, dessa forma, correlação (ou não) entre aspectos morfológicos (dispersão urbana) com efeitos no desempenho. Explorações como essa, permitiriam uma maior compreensão a respeito dos efeitos da dispersão urbana e das relações entre forma urbana e desempenho urbano.

Referências

- Bertuglia, C., Clarke, G. & Wilson, A. 1994 *Modelling the City: performance, policy and planning*, London, Routledge.
- Angel, S., Parent, J., Civco, D. L. & Blei, A. M. 2010. *Atlas of Urban Expansion* [Em Linha]. Cambridge, Lincoln Institute of Land Policy. Disponível em <http://www.lincolnst.edu/subcenters/atlas-urban-expansion/> [Consult. 2 de novembro de 2012]
- Bertaud, A., Malpezzi, S. 2003. The Spatial Distribution of Population in 48 World Cities: Implications for Economies in Transition. *Wisconsin Real Estate Department Working Paper* [Em Linha]. Disponível em http://alain-bertaud.com/AB_Files/Spatia_%20Distribution_of_Pop_%2050_%20Cities.pdf [Consult. 2 de novembro de 2012].
- Chin, N. 2002. Unearthing the Roots of Urban Sprawl: A critical analysis of form, function and methodology. *CASA Working Papers* [Em Linha], 47. Disponível em <http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/latest/publications> [Consult. 2 de novembro de 2012]
- Ewing, R. 1997. Is Los Angeles-style sprawl desirable? *Journal of the American Planning Association*, 63, 107-126.
- Ewing R., Pendall, R. & Chen, D. 2002. Measuring sprawl and its impact. *Smart Growth America* [Em Linha], 1. Disponível em <http://www.smartgrowthamerica.org/research/measuring-sprawl-and-its-impact/> [Consult. 30 de maio de 2011].
- Frenkel, A. & Ashkenazi, M. 2008. Measuring urban sprawl: how can we deal with it. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35, 56-79.

Galster, G., Hanson R., Ratcliffe M., Wolman H., Coleman S. & Freihage J. 2001. Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept. *Housing Policy Debate*, 12, 681-717.

Gonçalves, A.R., Krafta, R. 2010. Measuring urban sprawl and environment sustainability. *Proceedings of the 4th URBENVIRON – International Seminar on Environmental Planning and Management*, Niteroi,UFF,551-563.

Gonçalves, A. R. 2011. *Indicadores de Dispersão Urbana*. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto Alegre.

Haynes, K. E. & Fotheringham, A. S. 1984. *Gravity and spatial interaction models*, Beverly Hills, Sage.

Ingram, D. R. 1971. The concept of acessibility. *Regional Studies*, 5, 101-107.

Krafta, R. 2008. **Numerópolis: Mapeamento do Desempenho Urbano**. Projeto de Pesquisa CNPq/CAPES-PNPD do Grupo “Sistemas Configuracionais Urbanos” da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS.

Maraschin, C. 2009. *Localização comercial intra-urbana: modelagem de crescimento através da distribuição logística*. Tese (doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto Alegre.

Netto, V., Krafta, R. 2009. A forma urbana como problema de desempenho: o impacto de propriedades espaciais sobre o comportamento urbano. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (ANPUR)*,11, 157-182.

Netto, V., Krafta, R. 2010. Urban form as a problem of performance: from indicators of urban features to systemic indicators of actual performance. *Proceedings of the 4th URBENVIRON – International Seminar on Environmental Planning and Management*, Niteroi, UFF, 183-200.

Ojima, R. 2007. Dimensões da urbanização dispersa e proposta metodológica para estudos comparativos: uma abordagem socioespacial em aglomerações urbanas brasileiras. *Revista Brasileira de Estudos Populacionais*, 24, 277-300.

REIS, N.G. 2006. *Notas sobre urbanização dispersa e novas formas de tecido urbano*. São Paulo, Vias das Artes.

Ribeiro, R.; Holanda, F. 2006. Proposta para análise do Índice de Dispersão Urbana. *Cadernos Metr pole*, Observatório das Metr poles, 15, 49-70.

Torrens, P. 2008. A toolkit for measuring sprawl. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 1, 5-36.

Torrens, P. & Alberti, M. 2000. Measuring Sprawl. *CASA WorkingPapers* [Em Linha], 27. Disponível em <http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/latest/publications>[Consult. 2 de novembro de 2012]

Wong, C.2006. *Indicators for urban and regional planning: the interplay of policy and methods*, London, Routledge.