

Análise exploratória de dados de viagens pendulares visando a definição de regiões urbanas homogêneas

Larissa Limongi Aguiar¹, Gustavo Garcia Manzato²

¹Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), larissa_limongi_aguiar@hotmail.com

²Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), gusmanzato@feb.unesp.br

Recebido:

17 de janeiro de 2017

Aceito para publicação:

22 de junho de 2017

Publicado:

29 de outubro de 2017

Editor de área:

Bruno Vieira Bertoncini

Palavras-chaves:

Regiões Urbanas Homogêneas,
Viagens Pendulares,
Estatística Espacial.

Keywords:

Functional Urban Regions,
Commuting Flows,
Spatial Statistics.

DOI:10.14295/transportes.v25i3.1305

RESUMO

O trabalho proposto visa fornecer novos subsídios à questão da definição de Regiões Urbanas Homogêneas (RUHs), testando a viabilidade de uma variável ainda não explorada no Brasil: a mobilidade pendular. Para tanto, um estudo de caso foi desenvolvido no estado de São Paulo. Com a aplicação de técnicas de estatística espacial sobre os dados de viagens de entrada e de saída observados nos municípios e a construção de *Box Maps*, foi possível confrontar os resultados com a delimitação das RUHs oficiais. Os resultados obtidos traduzem as inter-relações dos municípios dentro das RUHs, uma vez que as áreas atrativas aparecem margeadas por áreas periféricas e destacam importantes centros regionais, que podem futuramente constituir núcleos de aglomerações urbanas.

ABSTRACT

The proposed paper aims to provide new subsidies to the definition of Functional Urban Regions (FURs), testing the viability of a variable not yet explored in Brazil: commuting flows. Thus, a case study is developed in the state of São Paulo. With the application of spatial statistics techniques on travel data and construction of *Box Maps*, the results were compared with the limits of the official FURs. The obtained results reflect the interrelations among municipalities within the FURs, since attractive areas appear next to peripheral areas and highlight important regional centers, which can be the core of conurbations in the future.



1. INTRODUÇÃO

O intenso processo de urbanização é uma realidade no Brasil e demais regiões do mundo. Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), as áreas urbanas abrigam mais de 81% da população total do Brasil. Essa concentração demográfica está vinculada à tendência crescente de ocupação das cidades, que não se restringe apenas a municípios isolados, tendo em vista que se desenvolve em regiões adjacentes e contínuas. Esse caráter conduz à formação de grandes áreas urbanas, como as regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, aqui tratadas de maneira geral como Regiões Urbanas Homogêneas (RUHs). Nesse sentido, uma das dificuldades dos planejadores e gestores urbanos é a definição (ou delimitação) dessas regiões para fins de políticas de desenvolvimento e resolução de problemas na escala metropolitana.

Um aspecto proeminente desse processo de ocupação urbana é a mobilidade pendular. Muitos indivíduos se dirigem a esses centros para trabalhar ou estudar, mas possuem moradia em outras cidades, as chamadas cidades-dormitório. Cano (1988) e Santos (1990) apontam a periferização de assentamen-

tos humanos e industriais, bem como o panorama das cidades-dormitório, como consequências da especulação imobiliária e do elevado custo de vida nos grandes centros. Todavia, visualiza-se também um novo padrão de periferação, em que pessoas de renda mais alta se direcionam a essas áreas à procura de qualidade de vida (Cunha e Miglioranza, 2006).

Assim, a intensificação da pendularidade nos últimos anos reflete as dinâmicas dos espaços urbanos e a sua integração. Segundo dados da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA), a taxa de crescimento anual da população nas áreas metropolitanas paulistas no período de 2000 a 2010 foi de 1,1%, ao passo que o crescimento dos fluxos pendulares correspondeu a 5,82% ao ano (Cunha *et al.*, 2013). Esse incremento nos fluxos está associado à concepção de novas RUHs e à flexibilização do processo produtivo com a consequente descentralização da atividade econômica, antes restrita aos centros das metrópoles. Considerando esse panorama, o estudo de dados de fluxos pendulares parece razoável para a identificação dessas RUHs.

Nesse sentido, Kauffmann (2012) e Williams *et al.* (2012) argumentam que a conceituação das RUHs tem sido baseada geralmente em relações funcionais entre os municípios, como por exemplo, os fluxos de pessoas e de bens. Um critério para a definição de RUHs que leva em conta essas relações é apresentado pelo *Office of Management and Budget* (2000) nos Estados Unidos. Com base nesse critério, uma área metropolitana é definida em função de dois fatores: a existência de uma cidade principal com mais de 50.000 habitantes e de condados adjacentes em que no mínimo 25% dos seus residentes empregados realizem viagens pendulares à cidade principal. De maneira semelhante, as RUHs na Europa são compostas por pelo menos uma área urbanizada principal contendo 20.000 empregos (ou mais) e qualquer outra região adjacente que seja classificada como NUTS3 (do inglês, *Nomenclature of Units for Territorial Statistics*, é uma classificação hierárquica dos limites administrativos desenvolvida pelo instituto de estatística europeu, o Eurostat) de onde se observem mais viagens pendulares àquela área urbanizada principal do que a qualquer outra área (Cheshire e Hay, 1989).

No entanto, é possível encontrar na literatura diversas abordagens acerca da definição de RUHs. Exemplos incluem: relações político-administrativas (São Paulo, 1989; Gouvêa, 2005; Arellano Ríos, 2014a, 2014b, 2015); recursos de sensoriamento remoto (Weber, 2001; Huang *et al.*, 2014; Niemeyer *et al.*, 2014; Sahoo e Pekkat, 2014); aspectos econômicos, como o preço da terra (Bode, 2008) e a distribuição de empregos (Coombes e Overman, 2004); métricas espaciais para a determinação da forma urbana e sua morfologia (Bereitschaft e Debbage, 2014; Debbage *et al.*, 2017); indicadores demográficos (Ramos e Rodrigues da Silva, 2003 e 2007; Ramos *et al.*, 2004; Manzato *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2014); indicadores de oferta de infraestrutura de transportes (Manzato *et al.*, 2006; Dias *et al.*, 2014); e propostas de combinação de indicadores demográficos e de oferta de infraestrutura de transportes (Manzato e Rodrigues da Silva, 2006, 2007, 2010; Pereira e Rodrigues da Silva, 2010; Ajauskas *et al.*; 2012; Rodrigues da Silva *et al.*, 2014).

Como pode ser observado, os métodos de planejamento urbano para a definição de RUHs concebidos nas últimas décadas analisaram distintas variáveis e procuraram representar as complexas relações existentes nessas áreas. No Brasil, embora a instalação de RUHs esteja prevista na Constituição Federal de 1988, não há parâmetros mínimos, sobretudo quantitativos, estabelecidos pelo governo federal para sua definição. Cabe aos estados a responsabilidade e, conseqüentemente, a autonomia pela instalação de suas RUHs, cujos critérios de definição são estabelecidos ao nível estadual. Obviamente, se comparadas as definições entre os estados, podem ser observadas grandes disparidades. Como os estados objetivam suprir suas necessidades buscando recursos federais por meio da institucionalização de novas RUHs, disso resulta também em um considerável número de RUHs que na verdade possuem uma dinâmica metropolitana de baixa expressão (Moura e Carvalho, 2012). Dessa forma, pressupõe-se que as definições adotadas no país sejam baseadas predominantemente em relações político-administrativas. Porém, no que diz respeito à realidade, este método pode não exprimir a fidelidade necessária para os processos de planejamento e gerenciamento urbano da área total resultante da junção dos municípios que compõem as RUHs.

Nesse ínterim, o trabalho aqui desenvolvido testou a viabilidade do uso de uma variável ainda não explorada no Brasil para a questão da definição de RUHs: os dados de viagens pendulares. Dessa maneira, essa abordagem se alinha ao critério empregado na Europa e nos Estados Unidos descrito anteriormente e procura contribuir com uma nova proposta de definição de RUHs para o Brasil (ver também Aguiar *et al.*, 2017). Esses dados foram organizados pelo Observatório das Metrôpoles (2013) a partir dos dados do Censo 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), contemplando as viagens de entrada e saída observadas nos municípios brasileiros. Além dos totais de viagens, esses dados também são especificados por motivo de trabalho e estudo. O estudo de caso elaborado para o estado de São Paulo explorou os dados de viagens pendulares com ferramentas de estatística espacial, de modo que os resultados obtidos foram confrontados com os limites das RUHs oficiais do estado. Para a descrição do estudo desenvolvido, este artigo é organizado em seções. A seção 2, por sua vez, contém o referencial teórico e a descrição das variáveis e procedimentos empregados. Na sequência, os resultados da proposta são apresentados e analisados na seção 3. Por fim, as conclusões relativas à contribuição desse indicador são discutidas na seção 4.

2. METODOLOGIA

A metodologia descrita nesse trabalho está dividida em duas partes, sendo a primeira contendo o referencial teórico das ferramentas de análise espacial empregadas, e a segunda parte descrevendo a aplicação do estudo de caso.

2.1. Referencial teórico

A metodologia desenvolvida neste trabalho para a delimitação de RUHs envolveu a investigação de dados sobre movimentos pendulares utilizando ferramentas de estatística espacial. Mais especificamente, para estudar os dados distribuídos no território com base em relações de vizinhança, empregou-se a Análise Exploratória de Dados Espaciais (ESDA, do inglês: *Exploratory Spatial Data Analysis*), que corresponde a uma das áreas da análise espacial.

A técnica ESDA fundamenta-se na caracterização da dependência espacial, designando como valores estão correlacionados no espaço. Os três elementos básicos dessa técnica são uma matriz de proximidade espacial (W), um vetor de desvios (Z) e um vetor de médias ponderadas (Wz). Para a obtenção do vetor de desvios (Z), calcula-se a média global de uma variável considerando todas as observações de uma amostra em análise e, em seguida, subtrai-se essa média do valor exibido por cada observação. Assim, para cada observação é encontrado um desvio (z_i) que compõe o vetor Z . Para a obtenção do vetor de médias ponderadas (Wz), calcula-se a média dos valores de uma variável para os vizinhos de cada observação e, em seguida, subtrai-se a média global desses valores. Dessa forma, como resultado, cada elemento w_{zi} contém um valor correspondente à média dos desvios dos vizinhos à observação i . Estes elementos básicos são usados para gerar os resultados (índices e classificações) que são aplicados em conjunto com ferramentas de visualização de análise exploratória.

O índice de Moran (I), por exemplo, fornece uma medida geral da associação espacial existente em um conjunto de dados, testando se as áreas conectadas apresentam maior semelhança quanto ao indicador estudado do que o esperado em padrão aleatório (Anselin, 1995). Para valores normalizados, varia de -1 a +1 e valores próximos de zero indicam a inexistência de autocorrelação espacial significativa entre os valores das observações e suas vizinhas. Valores positivos para o índice apontam para autocorrelação positiva, ou seja, o valor do atributo de uma observação tende a ser semelhante aos valores das suas vizinhas. Valores negativos para o índice, por sua vez, indicam autocorrelação negativa. O índice de Moran é calculado através da Equação (1) a seguir, que faz uso dos elementos básicos já citados, onde Z é o vetor de desvios, Wz é o vetor de médias ponderadas e o expoente t define vetor transposto.

$$I = \frac{Z^t W_z}{Z^t Z} \quad (1)$$

Além dos índices presentes na técnica ESDA, como o da Equação (1) por exemplo, outras formas para a apresentação de dados podem ser: o gráfico de espalhamento de Moran e o mapa de espalhamento de Moran (*Box Map*). O gráfico de espalhamento de Moran é uma maneira adicional de se visualizar a dependência espacial. É construído com base nos valores normalizados, permitindo analisar o comportamento da variabilidade espacial de uma variável com a média de sua vizinhança, construindo um gráfico bidimensional de Z por Wz . Este gráfico é subdividido em quatro quadrantes através da delimitação a partir dos valores nulos de cada eixo, podendo-se identificar quatro zonas distintas, normalmente definidas como quadrantes um, dois, três e quatro.

No quadrante Q1, também denominado HH (de *High-High*), o valor da variável exibido por uma dada observação é superior à média global e a média de seus vizinhos também é superior à média global. No quadrante Q2, por sua vez, também chamado de LL (de *Low-Low*), o valor do atributo de uma observação é inferior à média global e a média dos elementos adjacentes também é inferior à média global. Dessa forma, visualiza-se uma autocorrelação espacial positiva para as observações classificadas nesses dois quadrantes.

Por outro lado, no quadrante Q3, também denominado LH (de *Low-High*), o valor do atributo de uma observação é inferior à média global e a média do atributo nas observações adjacentes é superior a essa média global. Por fim, no quadrante Q4, ou HL (de *High-Low*), o valor da variável exibido por uma dada observação é superior à média global e a média de seus vizinhos é inferior a essa média global. Entende-se, portanto, que a autocorrelação espacial presente entre as observações classificadas nesses dois quadrantes é negativa.

2.2. Estudo de caso

Neste estudo, foi explorado um banco de dados com informações sobre movimentos pendulares organizado pelo Observatório das Metrópoles (2013). Esses dados são provenientes do Censo Demográfico de 2010, realizado pelo IBGE. Dentre as informações presentes nesse banco de dados, foram exploradas aqui as seguintes variáveis: 1) Total de pessoas que saem do município; 2) Total de pessoas que saem do município por motivo de trabalho; 3) Total de pessoas que entram no município; 4) Total de pessoas que entram no município por motivo de trabalho.

Embora essas informações estejam presentes para cada município do território nacional, apenas os dados respectivos ao estado de São Paulo foram utilizados, considerando o escopo desta pesquisa. Essas quatro variáveis foram analisadas individualmente segundo a técnica ESDA, mais especificamente com a geração de *Box Maps*. Uma explicação das interpretações decorrentes da classificação dos municípios em cada um dos quadrantes é apresentada a seguir, tendo-se como exemplo a variável “Total de pessoas que saem do município”. Para as outras variáveis, é suficiente seguir a mesma lógica.

Os municípios classificados no quadrante HH apresentam, assim como seus vizinhos, um valor superior à média global do estado para o total de pessoas que saem do município. Assim, para os municípios classificados neste quadrante é esperada uma forte correlação com as RUHs oficiais devido à alta intensidade de movimentos pendulares. Em contraste, os municípios classificados no quadrante LL apresentam, assim como seus vizinhos, um valor inferior à média global do estado para o total de pessoas que saem do município. Nesses casos, é esperado identificar os municípios com baixa intensidade de movimentos pendulares, geralmente localizados afastados das RUHs oficiais.

Considerando-se as interpretações para o quadrante LH, os municípios classificados neste quadrante apresentam um valor para o total de pessoas que saem do município inferior à média global do estado, enquanto que seus vizinhos apresentam um valor superior à média global do estado. Dessa forma, geralmente identificam-se neste quadrante os municípios localizados nas proximidades daqueles classificados como HH e, conseqüentemente, adjacentes às RUHs oficiais. Eventualmente podem ser também observados municípios classificados como LH nas proximidades de municípios classificados como HL.

Finalmente, em relação às interpretações para os municípios classificados no quadrante HL, entende-

se que eles apresentam um valor para o total de pessoas que saem do município superior à média global do estado, enquanto que seus vizinhos apresentam um valor inferior à média global do estado. Esses casos ocorrem comumente afastados das RUHs oficiais, mas destacam municípios que geralmente exercem uma influência regional.

Cabe ressaltar ainda que esses dados foram comparados com a distribuição da população, aplicando-se a técnica ESDA também sobre a densidade populacional dos municípios do estado de São Paulo, conforme analisado por Manzato e Rodrigues da Silva (2010) e Ajauskas *et al.* (2012).

Os *softwares* utilizados foram o Maptitude, que é um sistema de informação geográfica (SIG), para a manipulação dos dados e geração de mapas temáticos e o GeoDa, que serviu para a aplicação da técnica ESDA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos através da aplicação da técnica ESDA sobre o conjunto de variáveis que descrevem os movimentos pendulares no estado de São Paulo (em 2010) estão apresentados nesta seção. Primeiramente, pode-se observar na Figura 1 o resultado referente à variável “total de pessoas que entram no município” representada por meio de um *Box Map*.

Com base no *Box Map* apresentado na Figura 1, pode-se observar que os municípios contidos no quadrante HH estão situados nas RUHs oficiais. É importante destacar que nas RUHs oficiais consolidadas há mais tempo, como a de São Paulo e de Campinas, há quantidades significativas de municípios no quadrante HH. Esses resultados demonstram a alta intensidade de movimentos pendulares nessas regiões, indicando a forte correlação existente entre a classificação de municípios no quadrante HH e sua localização dentro das RUHs oficiais.

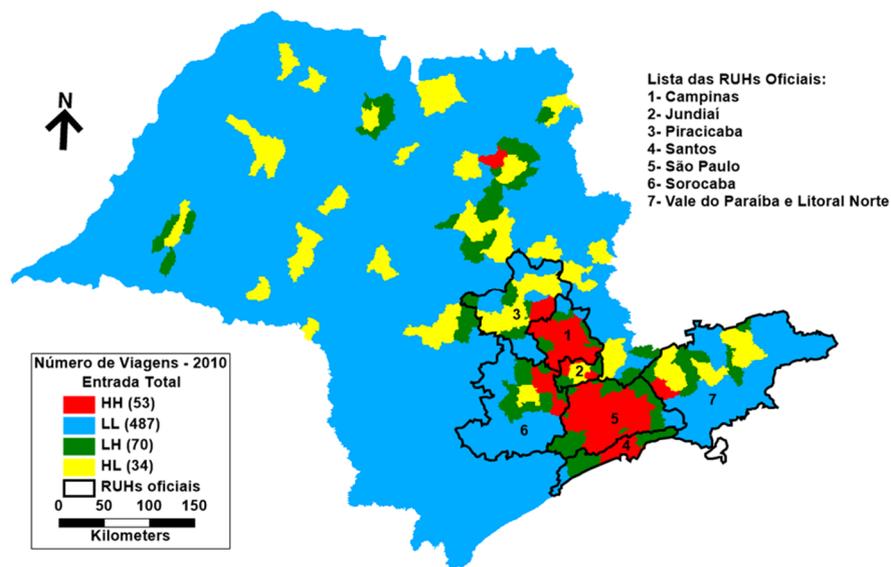


Figura 1: *Box Map* representando o movimento pendular em 2010, referente ao total de pessoas que entram no município

Nota-se também na Figura 1 que os municípios pertencentes ao quadrante LL distribuem-se pela maior parte do território. De um modo geral, esses municípios (assim como seus vizinhos) possuem um baixo número de viagens de entrada, considerando que não são áreas atrativas e, da mesma forma, estão distantes dos centros regionais e das RUHs oficiais. Entretanto, alguns desses municípios podem ser encontrados em RUHs oficiais consolidadas, o que pode indicar um futuro desenvolvimento deles em razão do estreitamento de relações socioeconômicas com as cidades influentes que estão presentes nessas regiões.

Um aspecto de extrema relevância visualizado na Figura 1 é a evidência dos centros regionais representados pelo quadrante HL. Exemplos desses centros incluem os municípios de Presidente Prudente, Araçatuba, São José do Rio Preto, Marília, Bauru, Araraquara, São Carlos, Ribeirão Preto, entre outros. Esses municípios indicam elevados valores de viagens de entrada, já que constituem áreas bastante atrativas. Em torno dessas áreas, assim como daquelas compreendidas no quadrante HH, localizam-se os municípios do quadrante LH. Neste caso, os municípios apresentam baixos fluxos de entrada, tendo em vista que não são áreas atrativas, mas seus vizinhos apresentam fluxos de entrada intensos.

Os resultados da análise dos dados de saída total (ou seja, a variável “total de pessoas que saem do município”) estão expostos na Figura 2. Neste caso, os municípios das RUHs oficiais classificados no quadrante HH também ficaram bem representados. Além disso, pode-se observar ainda que existe uma alta correlação entre os dados de entrada (Figura 1) e de saída (Figura 2), ou seja, os municípios classificados no quadrante HH produzem e atraem um expressivo número de viagens pendulares. Isso permite uma caracterização bastante consistente das RUHs, tendo em vista a alta correlação desses casos com as RUHs oficiais.

Ainda em relação aos resultados do total de pessoas que saem do município (Figura 2), podem ser visualizados os municípios com influências locais significativas (ou seja, os centros regionais), classificados no quadrante HL. A maioria desses municípios se destacava na análise do total de entradas (Figura 1) e este fato pode ser observado aqui novamente. Isso demonstra que os municípios que compõem tais centros regionais tendem a não somente atrair como também a produzir viagens pendulares. As considerações acerca dos municípios classificados nos quadrantes LH e LL seguem a mesma lógica exposta na metodologia, com destaque para aqueles municípios que estão próximos às regiões com classificação HH (RUHs) e HL (centros regionais). Devido a essa proximidade e considerando o crescimento dos municípios (e, conseqüentemente, crescimento dos movimentos pendulares), aqueles casos classificados no quadrante LH tendem a migrar para o quadrante HH e os casos classificados no quadrante LL tendem a migrar para o quadrante LH (e que, posteriormente, podem também migrar para o quadrante HH).

Em relação ao estudo dos dados de entrada e saída por motivo de trabalho, foram gerados os *Box Maps* representados nas Figuras 3 e 4. Os mapas de entrada total (Figura 1) e entrada para trabalho (Figura 3) são bastante similares, levando-se em conta que os municípios, em sua maioria, estão classificados nos mesmos quadrantes em ambos os casos. Logo, as mesmas interpretações expostas anteriormente são válidas aqui. Deve-se, entretanto, considerar que os dados da Figura 3 se referem apenas aos movimentos pendulares realizados por motivo de trabalho. Esse panorama também é verificado ao contrapor os mapas de saída total (Figura 2) e saída para trabalho (Figura 4), em que os resultados são bastante similares. Esse fato acaba sendo coerente, pois as viagens a trabalho compõem um subconjunto das viagens totais. E essa lógica vale tanto para os dados de entrada como para os de saída. Em resumo, considerar os movimentos pendulares por motivo de trabalho também resulta em uma caracterização consistente das RUHs.

Por fim, a aplicação da técnica ESDA sobre a densidade populacional está apresentada na Figura 5. A interpretação dos resultados segue a mesma lógica já discutida, ou seja, aqueles municípios classificados no quadrante HH apresentam (assim como seus vizinhos) uma densidade populacional superior à média global. Esses municípios se destacam por estarem localizados nas RUHs oficiais e, conseqüentemente, servirem para a definição de RUHs segundo o critério populacional. Comparando-se esses resultados com os dados de movimentos pendulares, é possível perceber uma alta correlação entre os municípios classificados no quadrante HH tanto para o critério populacional como para o critério baseado em movimentos pendulares. No entanto, quando a análise desses resultados é realizada conjuntamente com a delimitação das RUHs oficiais, percebe-se que o critério baseado nos movimentos pendulares evidencia melhor a definição das RUHs, em especial naquelas RUHs oficiais criadas recentemente como a de Piracicaba e do Vale do Paraíba e Litoral Norte.

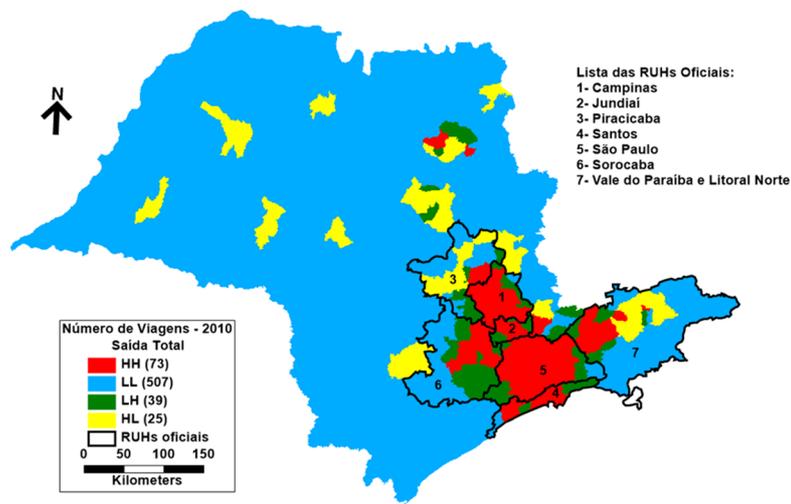


Figura 2: Box Map representando o movimento pendular em 2010, referente ao total de pessoas que saem do município

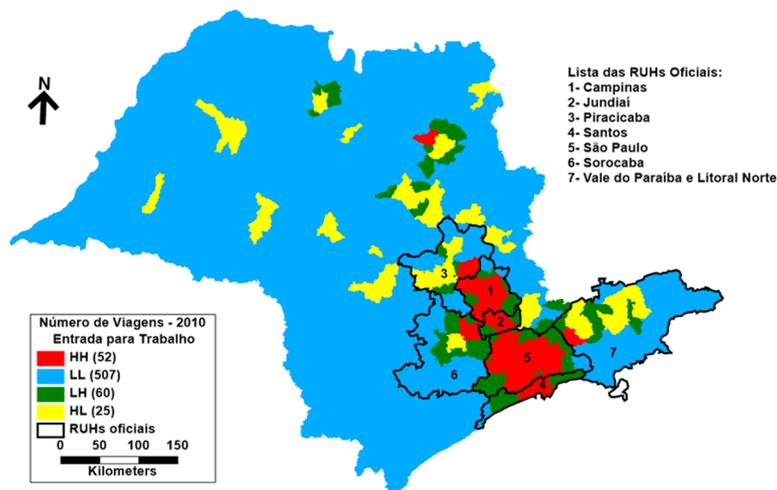


Figura 3: Box Map representando o movimento pendular em 2010, referente ao total de pessoas que entram no município por motivo de trabalho

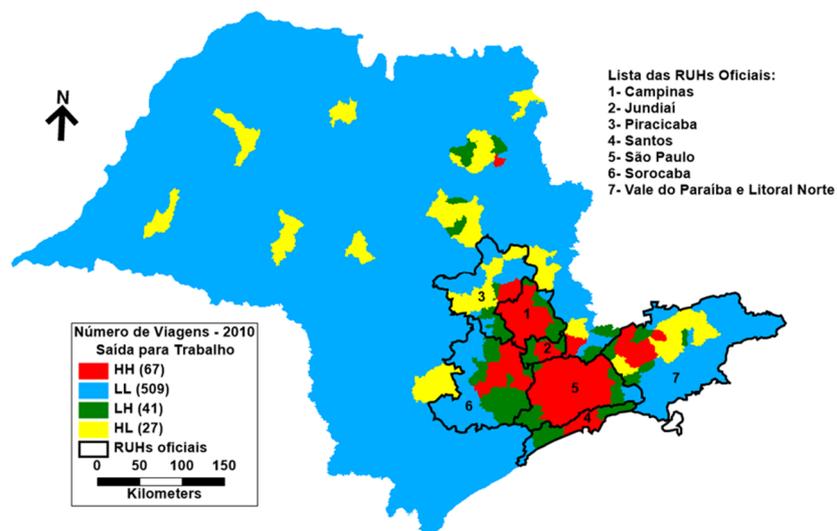


Figura 4: Box Map representando o movimento pendular em 2010 referente ao total de pessoas que saem do município por motivo de trabalho

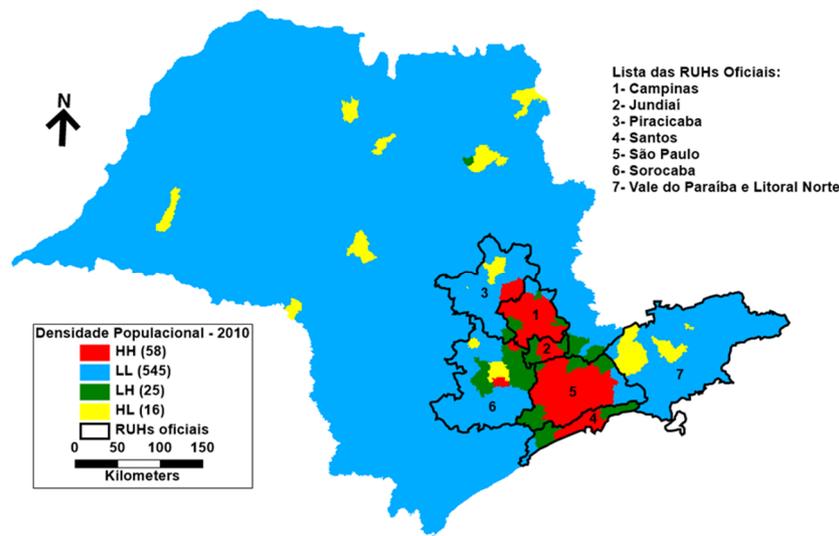


Figura 5: Box map representando a densidade populacional em 2010

Na sequência, os municípios classificados no quadrante HL apresentam uma densidade populacional superior à média global, mas seus vizinhos têm uma densidade inferior à média global. Logo, esses casos compõem os centros regionais, assim como tratado anteriormente. No entanto, pode-se observar que a densidade populacional não destaca alguns centros regionais quando comparada aos resultados obtidos por meio dos movimentos pendulares. Isso pode ser visualizado comparando-se os municípios classificados no quadrante LL da Figura 5 (densidade populacional) com aqueles municípios classificados no quadrante HL segundo os dados de movimentos pendulares (Figuras 1 a 4).

Os municípios no quadrante LH têm uma densidade populacional abaixo da média, mas seus vizinhos apresentam essa densidade superior à média. Assim, esses municípios geralmente se localizam nas proximidades daqueles classificados no quadrante HH (ou HL) e tendem a apresentar um padrão de migração do quadrante LH para o HH. Essa análise ocorre de maneira semelhante àquelas realizadas com os movimentos pendulares. No entanto, pode-se visualizar que o critério baseado nos movimentos pendulares ainda evidencia melhor os municípios classificados no quadrante LH, particularmente dentro das RUHs oficiais.

Na última análise, os municípios classificados no quadrante LL apresentam (assim como seus vizinhos) uma densidade populacional inferior à média global. Esses municípios compõem a maior parte do estado de São Paulo (como pode ser visualizado na Figura 5) e apresentam poucas influências na questão metropolitana. Essas discussões também estão de acordo com aquelas já levantadas para os resultados dos movimentos pendulares.

CONCLUSÕES

A partir do estudo exploratório por meio da técnica ESDA aplicada aos dados de viagens pendulares em um estudo de caso realizado no estado de São Paulo, foi possível testar a viabilidade de uso desse indicador para a definição de RUHs e obter algumas conclusões relevantes.

Ao analisar a distribuição dos municípios nos *Box Maps*, concluiu-se que as viagens pendulares, sobretudo os dados de entrada total, saída total, entrada para trabalho e saída para trabalho classificados no quadrante HH traduziram satisfatoriamente as inter-relações dos municípios presentes nas RUHs oficiais, levando à sua definição de maneira bastante coerente. Por exemplo, notou-se que as RUHs de São Paulo, de Campinas, de Jundiaí e da Baixada Santista ficaram bem caracterizadas, de maneira que os limites das RUHs oficiais e do conjunto de municípios classificados no quadrante HH praticamente coincidem entre si. Em relação às outras RUHs oficiais, pôde-se identificar a tendência de desenvolvimento dos municípios dentro dessas áreas, com municípios classificados nos quadrantes HH, HL, e LH. Em com-

traste, os resultados obtidos com a densidade populacional apresentam-se de maneira geral satisfatórios, porém não apontam as mesmas tendências de desenvolvimento como visualizado por meio dos movimentos pendulares.

Outro aspecto notável é a evidenciação dos centros regionais, representados pelos municípios classificados no quadrante HL. Mesmo não se caracterizando como RUHs oficiais, essas áreas possuem influência local e apresentam fluxos intensos com municípios adjacentes. Nesse sentido, é importante que essas regiões sejam destacadas, tendo em vista que futuramente podem constituir núcleos de aglomerações urbanas. É possível observar ainda que os resultados obtidos por meio dos movimentos pendulares evidenciam mais municípios como centros regionais do que os resultados obtidos com a densidade populacional.

Em resumo, conclui-se que a utilização dos dados de movimentos pendulares para a definição de RUHs constitui uma abordagem válida e apresenta melhores resultados quando comparada com a abordagem baseada na densidade populacional. Em especial, isso pôde ser demonstrado combinando-se os dados de totais de viagens com a técnica de ESDA. Por outro lado, a definição utilizando-se a densidade populacional ainda constitui uma abordagem relevante, especialmente nos casos em que tais dados de movimentos pendulares não estão disponíveis e atualizados. Além disso, a disponibilização recente dos dados de viagens no Brasil e os resultados aqui obtidos ampliam as oportunidades de pesquisa nessa temática, inclusive incorporando esses resultados com a abordagem baseada na densidade populacional e indicadores de oferta de infraestrutura de transportes.

Agradecimentos

Os autores agradecem às agências FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Processo 2014/26903-0), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Processos 471397/2013-0 e 302177/2015-9) e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio concedido em diferentes fases da pesquisa que deu origem a este trabalho. Os autores agradecem também à Caliper Corporation pela doação da licença educacional do software Maptitude utilizado neste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, L. L.; G. G. Manzato e A. N. Rodrigues da Silva (2017) Patterns of commuting flows for delimitating Functional Urban Regions in the state of São Paulo, Brazil. *Proceedings of the 15th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM)*, Adelaide, Austrália.
- Ajauskas, R.; G. G. Manzato e A. N. Rodrigues da Silva (2012) The Definition of Functional Urban Regions: Validation of a Set of Spatial Models with Recent Census Data and Analysis of an Additional Model Specification. *Proceedings of CAMUSS, the International Symposium on Cellular Automata Modeling for Urban Spatial Systems*, Porto, Portugal, p. 91-104.
- Anselin, L. (1995) Local Indicators of Spatial Association – LISA. *Geographical Analysis*, v. 27, p. 93-115. DOI:10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
- Arellano Ríos, A. (2014a) La definición jurídica del fenómeno metropolitano en el ámbito subnacional mexicano. *Opinión Jurídica*, v. 13, n. 26, p. 91-108.
- Arellano Ríos, A. (2014b) La coordinación metropolitana en el ámbito subnacional mexicano: un análisis institucional. *Documentos y Aportes en Administración Pública y Gestión Estatal (DAAPGE)*, v. 14, n. 23, p. 33-70.
- Arellano Ríos, A. (2015) Metropolitan Coordination in Mexico. *Current Urban Studies*, v. 3, p. 11-17. DOI:10.4236/cus.2015.31002
- Bereitschaft, B. e K. Debbage (2014) Regional Variations in Urban Fragmentation among U.S. Metropolitan and Megapolitan Areas. *Applied Spatial Analysis and Policy*, v. 7, p. 119-147. DOI:10.1007/s12061-013-9092-9.
- Bode, E. (2008) Delineating metropolitan areas using land prices. *Journal of Regional Science*, v. 48, n. 1, p. 131-163. DOI:10.1111/j.1467-9787.2008.00544.x.
- Cano, W. (1988) Questão Regional e Urbanização no desenvolvimento econômico brasileiro pós 1930. *Anais do VI Encontro Nacional de Estudos Populacionais*, p. 67-99.
- Cheshire, P. C. e D. G. Hay (1989) *Urban problems in Western Europe: an economic analysis*. Unwin Hyman, London.
- Coombes, P. P. e H. G. Overman (2004) The spatial distribution of economic activities in the European Union. In: J. V. Henderson e J. F. Thisse (eds.) *Handbook of Urban and Regional Economics: Cities and Geography*. North Holland, Amsterdam, v. 4, p. 2845-2909.
- Cunha, J. M. P. e E. Miglioranza (2006) *Valinhos: um novo padrão de cidade-dormitório? Novas Metrôpoles Paulistas- População, vulnerabilidade e segregação* (1^a ed.). NEPO/UNICAMP, p. 539-560.

- Cunha, J. M. P.; S. Stoco e E. Dota (2013) *O fenômeno da mobilidade pendular na Macrometrópole do Estado de São Paulo: uma visão a partir das quatro Regiões Metropolitanas oficiais*. Projeto mobilidade pendular na Macrometrópole - NEPO/UNI-CAMP - EEMPLASA. Disponível em: <http://www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/RELATORIO-PENDULARIDADE-UNICAMP-06-02-2013.pdf>. Acessado em 10 de abril de 2014.
- Debbage, N.; B. Bereitschaft e J. M. Shepherd (2017) Quantifying the Spatiotemporal Trends of Urban Sprawl Among Large U.S. Metropolitan Areas via Spatial Metrics. *Applied Spatial Analysis and Policy*, v. 10, p. 317-345. DOI:10.1007/s12061-016-9190-6.
- Dias, R. S.; G. G. Manzato e A. N. Rodrigues da Silva (2014). A capacidade de infraestrutura rodoviária e sua relação com o processo de metropolização. *Anais do XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Curitiba, Brasil.
- Gouvêa, R. G. (2005) *A questão metropolitana no Brasil*. FGV, Rio de Janeiro.
- Huang, X.; Q. Lu e L. Zhang (2014) A Multi-index Learning Approach for Classification of High-Resolution Remotely Sensed Images over Urban Areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 90, p. 36-48. DOI:10.1016/j.isprsjprs.2014.01.008.
- IBGE (2010) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>
- Kauffmann, A. (2012) *Delineation of city regions based on commuting interrelations: The example of large cities in Germany*. IWH-Diskussionspapiere, n. 2012,4. Disponível em: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-201212176768>.
- Manzato, G. G. e A. N. Rodrigues da Silva (2006) Incorporando um indicador de oferta de infraestrutura de transportes na definição de regiões metropolitanas. *Anais do XX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Brasília, Brasil, v. 1, p. 341-352.
- Manzato, G. G. e A. N. Rodrigues da Silva (2007) Uma estrutura conceitual para a definição de regiões urbanas homogêneas. *Anais do XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Rio de Janeiro, Brasil.
- Manzato, G. G. e A. N. Rodrigues da Silva (2010) Spatial-temporal combination of variables for monitoring changes in metropolitan areas. *Applied Spatial Analysis and Policy*, v. 3, n. 1, p. 25-44. DOI:10.1007/s12061-009-9028-6.
- Manzato, G. G.; A. J. Soares e A. N. Rodrigues da Silva (2006) Aglomerações urbanas e oferta de transportes no estado de São Paulo, Brasil. *Anais do 2º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional Integrado Sustentável*, Braga, Portugal.
- Manzato, G. G.; I. Baria e A. N. Rodrigues da Silva (2007) A GIS-based comparison of methodologies for the definition of metropolitan areas in a developing country. *Proceedings of the 10th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, Foz do Iguaçu, Brasil.
- Moura, R. e I. Carvalho (2012) *Estatuto da Metrôpole: onde está a região metropolitana?*. Observatório das Metrôpoles, Disponível em: http://observatoriodasmetrolopes.net/index.php?option=com_k2&view=item&id=455%3Aestatuto-da-metr%C3%B3pole-onde-est%C3%A1-a-regi%C3%A3o-metropolitana%3F&Itemid=165&lang=pt. Acessado em 15 de abril de 2014.
- Niemeyer, J.; F. Rottensteiner e U. Soergel (2014) Contextual Classification of Lidar Data and Building Object Detection in Urban Areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 87, p. 152-165. DOI:10.1016/j.isprsjprs.2013.11.001.
- Observatório das Metrôpoles (2013) Banco de dados de movimento pendular - Municípios Brasileiros. Disponível em: http://www.observatoriodasmetrolopes.net/index.php?option=com_content&view=article&id=152&Itemid=155&lang=pt. Acessado em: 14 de janeiro de 2014.
- Office of Management and Budget (2000) Standards for defining metropolitan and micropolitan statistical areas. *Federal Register*, v. 65, n. 249, December 27, 2000.
- Pereira, H. T. S. e A. N. Rodrigues da Silva (2010) Comparing spatial analysis methods for the definition of Functional Urban Regions - The case of Bahia, Brazil. *Proceedings of the 10th International Conference on Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning*, Eindhoven, The Netherlands.
- Ramos, R. A. R. e A. N. Rodrigues da Silva (2003) A data-driven approach for the definition of metropolitan regions. *Proceedings of the 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, Sendai, Japan.
- Ramos, R. A. R. e A. N. Rodrigues da Silva (2007) A spatial analysis approach for the definition of metropolitan regions - the case of Portugal. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v. 34, n. 1, p. 171-185. DOI:10.1068/b31117.
- Ramos, R. A. R.; A. N. Rodrigues da Silva e V. P. Miranda (2004) A comparison of two methods for the definition of regional metropolitan areas through an application in the north of Portugal. *Proceedings of the 44th European Congress of the European Regional Science Association*, Porto, Portugal.
- Rodrigues da Silva, A. N.; G. G. Manzato e H. T. S. Pereira (2014) Defining Functional Urban Regions in Bahia, Brazil, using road-way coverage and population density variables. *Journal of Transport Geography*, v. 36, p. 79-88. DOI:10.1016/j.jtrangeo.2014.03.001.
- Sahoo, S. N. e S. Pekkat (2014) Determination of urbanization based on imperviousness. *Urban Design and Planning*, v. 167, n. DP2, p. 49-57. DOI:10.1680/udap.13.00027.
- Santos, M. (1990) *Metrôpole corporativa e fragmentada: O caso de São Paulo*. São Paulo, Nobel, 1990.
- Santos, S. P.; G. G. Manzato e A. N. Rodrigues da Silva (2014) Estratégias para a determinação da densidade populacional visando a definição de regiões urbanas homogêneas por meio de técnicas de análise espacial. *Anais do 6º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*, Lisboa, Portugal.
- São Paulo (1989) Constituição do Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: www.legislacao.sp.gov.br/legislacao/index.htm.

Weber, C. (2001) Urban agglomeration delimitation using remote sensing data. *In: J. P. Donnay, M. J. Barnsley e P. A. Longley (eds.) Remote sensing and urban analysis*. Taylor & Francis, London, p. 145-159.

Williams, A. M.; J. Foord e J. Mooney (2012) Human mobility in functional urban regions: understanding the diversity of mobilities. *International Review of Sociology*, v. 22, n. 2, p. 191-209. DOI:10.1080/03906701.2012.696961.