

# O espaço como dimensão analítica central na compreensão da dinâmica da Dengue na escala intramunicipal\*

Igor Cavallini Johansen<sup>†</sup>

Roberto Luiz do Carmo<sup>‡</sup>

Luciana Correia Alves<sup>§</sup>

## Resumo

Existe pouco questionamento sobre a relevância do espaço enquanto variável analítica central das inter-relações entre População e Ambiente. Todavia, ainda há grande discussão sobre como na prática incorporar a dimensão espacial nesses estudos. Propõe-se neste trabalho abordar essa questão a partir de um problema específico na área da saúde: o caso da dengue. O objetivo deste estudo foi investigar se a distribuição da população no espaço intramunicipal, com acesso diferenciado aos recursos e serviços da cidade, pode influenciar na distribuição espacial e temporal dos casos de dengue. Analisou-se a epidemia histórica desta doença deflagrada no município de Campinas, no Estado de São Paulo – Brasil, em 2014. A metodologia compreendeu a geocodificação dos casos de dengue autóctones notificados nos meses de janeiro a dezembro de 2014 (n= 39.965). Também foi realizada a análise da variável Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) no nível intramunicipal através do Índice de Moran. Utilizou-se ainda o software SaTScan, para a identificação de clusters espaço-temporais, permitindo a análise da distribuição dos casos de dengue no espaço (entre as unidades de análise) e no tempo (mês a mês, de janeiro a dezembro de 2014). Os resultados fornecem subsídios para políticas públicas de controle da doença e constata a importância da incorporação do espaço nas análises sobre população, ambiente e saúde através das técnicas de geoprocessamento, geoestatística e análise espacial.

**Palavras-chave:** dengue, espaço, População e Ambiente, geoprocessamento, análise espacial.

---

\* Trabalho apresentado no VII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población e XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais, Foz do Iguaçu/PR – Brasil, de 17 a 22 de outubro de 2016.

<sup>†</sup> Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Demografia. Campinas/SP, Brasil. Contato: igor@nepo.unicamp.br.

<sup>‡</sup> Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Demografia. Campinas/SP, Brasil. Contato: roberto@nepo.unicamp.br.

<sup>§</sup> Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Demografia. Campinas/SP, Brasil. Contato: luciana@nepo.unicamp.br.

## **Introdução**

No início da década de 1990 chama-se atenção no campo da Demografia para o fato do adensamento demográfico das cidades (MARTINE et al., 1990), nas quais passam a estar concentrados os principais fatores da dinâmica econômica. Diante desse processo, alertou Martine (1993), são necessários estudos que analisem a relação entre a População e o Ambiente, este tomado não apenas enquanto ambiente natural, mas como conceito mais amplo de espaço humano. Desse modo, passa-se a compreender o conceito de ambiente não mais como restrito às áreas verdes ainda remanescentes do processo de expansão urbana, mas, inclusive, o espaço urbano enquanto ambiente construído. Tem-se aí, portanto, uma mudança fundamental que lançou aspectos teóricos relevantes para as novas pesquisas sobre a relação entre População e Ambiente no Brasil.

Dentre as novas abordagens que emergem nas últimas décadas que passam a tratar ambiente de maneira multifacetada, Hogan (2000) destaca as análises dos componentes da dinâmica demográfica (fecundidade, mortalidade e migração) imbricados com aspectos ecológico-ambientais. O autor se refere, também, aos desafios metodológicos que essas novas questões impõem aos demógrafos e aos profissionais que se dedicam ao estudo da relação “População ↔ Ambiente”, expressão que ressalta a influência recíproca dessas duas esferas enquanto fortemente interligadas. Em um momento posterior, quando o campo de estudos se amplia e diversifica, Martine (2007) argumenta acerca da necessidade de enfrentar o desafio de trazer a dimensão espaço para os estudos sobre as interações entre População e Ambiente.

Castro (2007) discorre acerca das diferentes definições do conceito de demografia espacial. A autora aponta que estudos baseados apenas na visualização ou mapeamento de variáveis não seriam consideradas demografia espacial. Para ser incorporado neste campo, segundo a autora, os trabalhos deveriam seguir dois critérios principais: 1) abordar algum dos três componentes centrais da análise demográfica – fecundidade, mortalidade ou migração e 2) utilizar-se de modelagem estatística formal, como técnicas de estatística espacial e geoestatística. É com esta definição de demografia espacial que se dialoga ao propor a incorporação do espaço no debate População-Ambiente. A ressalva aqui é para o fato de que se propõe trabalhar neste estudo não com um componente *strictu senso* da dinâmica demográfica, a mortalidade (mortes), mas sim com seu correlato, a morbidade (adoecimento).

Esta iniciativa de se trazer para o centro da análise o espaço no âmbito das discussões sobre População e Ambiente pode se beneficiar dos avanços produzidos em outros campos de estudo, como a geografia. Destacam-se as contribuições de Doreen Massey, Neil Smith e David Harvey. Esses autores apontam a importância de se considerar no desenvolvimento teórico os processos sociais operando no espaço. A forma espacial e as distribuições espaciais são resultado não de processos espaciais, mas de processos sociais. Do mesmo modo, não existem processos puramente sociais não espaciais, à medida que todas as formas de relações sociais ocorrem no espaço (SMITH, 1988; MASSEY, 1995; HARVEY, 2013). A demografia pode se utilizar desses estudos na medida em que a dinâmica da população é resultado de processos sociais que ocorrem no espaço. Para o campo que investiga População e Ambiente, a importância de tal formulação teórica é ainda mais evidente.

Este trabalho se inscreve no contexto mais amplo da busca por evidenciar o papel do espaço enquanto dimensão central nos estudos sobre a interação entre População e Ambiente. Pretende-se incorporar o espaço na análise tanto da perspectiva instrumental quanto da conceitual. Para tanto se propõe analisar o caso da dengue, doença infecciosa que, no âmbito da sua multicausalidade, tem nas características da população e do ambiente fatores importantes para a ocorrência de epidemias.

O objetivo específico deste trabalho é investigar se a distribuição da população no espaço intramunicipal, com acesso diferenciado aos recursos e serviços da cidade, pode influenciar na distribuição espacial e temporal dos casos de dengue. Como estudo de caso analisa-se a epidemia histórica de dengue deflagrada no município de Campinas, no Estado de São Paulo – Brasil, em 2014.

Apresentam-se a seguir as noções de urbanização desigual e segmentação social no espaço urbano. Este ferramental teórico expõe o processo de urbanização que ocorreu nos países da América Latina e Brasil. Tal discussão permite compreender as origens históricas das lacunas na infraestrutura urbana e o motivo de dificuldades perdurarem até os dias atuais para prover serviços básicos como abastecimento de água e coleta de lixo para toda a população. Problemas de infraestrutura podem culminar na produção de ambientes propícios ao desenvolvimento do mosquito vetor da dengue, o *Aedes aegypti* (TAUIL, 2002; ANDRADE, 2009; MARTEIS et al., 2013). Assim essa discussão compreende a justificativa para a incorporação do espaço (aqui se referindo especificamente ao espaço urbano, social e historicamente construído) nos estudos sobre População e Ambiente, focalizando o caso da dengue.

## **A urbanização desigual e a segmentação social no espaço urbano**

Nesta seção apresentam-se aspectos históricos relacionados ao processo de urbanização no Brasil, inserido no contexto latino-americano, e como os resultados da expansão das áreas urbanas podem guardar relações com a ocorrência e manutenção de epidemias de dengue.

Urbanização desigual é um conceito do geógrafo brasileiro Milton Santos (SANTOS, 1980). O autor analisa o fenômeno urbano nos países desenvolvidos e subdesenvolvidos. Ou seja, investiga-se em profundidade, de forma comparativa, o processo de urbanização tanto nas economias altamente industrializadas quanto naquelas que se vinculam de modo dependente aos centros hegemônicos do capitalismo.

Ressalte-se da argumentação do autor o fato de que nos países desenvolvidos existe um processo cumulativo de capital e de expansão urbana, enquanto nos subdesenvolvidos o processo é explosivo, mais localizado, seletivo e, conseqüentemente, criador de discontinuidades. Esse fenômeno explica as desigualdades impressas nos espaços nacional, regional e no interior das cidades dos países subdesenvolvidos. Assim, a noção de urbanização desigual se tornou uma das bases teóricas para análises subsequentes sobre o processo de desenvolvimento urbano nos países ditos periféricos.

De acordo com Cano (2011), a Cepal já mostrava que o subdesenvolvimento da América Latina tinha fortes vínculos com um passado socioeconômico de atraso e miséria, situação que se torna ainda mais aguda pela convivência interna entre um setor moderno industrial e uma agricultura retrógrada. Em realidade, as contradições também estavam presentes no interior da própria agricultura: o atraso agrícola se concentrando em certas áreas convivendo com a modernização agrícola em outras.

A modernização do campo ocasionou imenso êxodo rural nos países latino-americanos, inclusive no Brasil, transformando populações predominantemente rurais em majoritariamente urbanas. Assim a urbanização latino-americana teria acontecido de forma completamente distinta da observada nos Estados Unidos e países europeus. Lá, a modernização da agricultura também gerou grande êxodo rural, mas esse efeito foi suavizado, em primeiro lugar porque a economia industrial foi capaz de incorporar boa parte deles; e em segundo, porque a migração europeia para o Novo Mundo conseguiu absorver parte importante do excedente demográfico. Assim, nos países desenvolvidos a urbanização percorreu um longo caminho histórico e muito menos abrupto que o observado no mundo em desenvolvimento (CANO, 2011).

Lago (2000) aponta que nos anos 1970 e 1980 foi dominante na literatura crítica sobre a questão urbana a ideia de dualização do ambiente construído para designar o padrão de organização espacial das metrópoles brasileiras a partir dos anos 1950. Por um lado, observou-se a segregação da população pobre nas precárias periferias e, por outro, a expansão nas áreas mais centrais da forma empresarial de produção de residências. Kowarick (1979) e Rolnik (2009) chamam a atenção para o fato de que nesse contexto a falta de apoio governamental teria levado à autoconstrução de moradias, desprovidas de infraestrutura urbana.

Os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ilustram a velocidade e a dimensão do processo de crescimento das cidades no Brasil. Entre 1950 e 2010 a população urbana do país aumentou em mais de 140 milhões de habitantes, com 160 milhões residindo em áreas urbanas em 2010. Nesse período (1950-2010), a proporção de pessoas que vive em cidades saltou de 36% para 84%. A projeção das Nações Unidas (ONU, 2014) é de que 91% da população brasileira resida em cidades no ano de 2050, o que compreenderá mais de 210 milhões de pessoas, representando um incremento de cerca de 50 milhões ainda a ser acomodado nas áreas urbanas brasileiras nas quatro décadas entre 2010 e 2050. Ou seja, é um processo que ainda vai continuar expressivo nas próximas décadas.

Um dos principais resultados desse crescimento veloz das áreas urbanas brasileiras foi ampliação de periferias, com consequências preocupantes em termos de degradação ambiental. Isso porque, com a expansão da periferia, decorreram consequências ambientais importantes, como redução das áreas verdes, aumento da densidade populacional das áreas construídas, comprometimento das condições de moradia e intensificação de riscos socioambientais (FARIA, 1991; MARTINE, 1993; COSTA, MONTE-MÓR, 2002; HOGAN, MARANDOLA-JR., OJIMA, 2010). Nesse sentido, afirmam Torres e Sydenstricker-Neto (2012):

A literatura sobre o tema associa a expansão da mancha urbana à ameaça de ecossistemas importantes, como mangues, várzeas, manchas de mata, áreas de encostas e montanhas. As consequências são variadas: fragmentação de ecossistemas; eliminação de matas ciliares; redução de biodiversidade; aumento do risco de enchentes e desabamentos, além do incremento dos *riscos para a saúde humana* derivados da presença de vetores de doenças transmissíveis (p. 130 e 131, grifo nosso).

Assim, o rápido processo de urbanização brasileiro, social e historicamente produzido, culminou na segmentação de grupos sociais, com base no princípio da

desigualdade. Essa desigualdade na distribuição de grupos populacionais com perfis socioeconômicos distintos também significou disparidade no acesso aos recursos e serviços urbanos, como saneamento ambiental, repercutindo sobre o padrão de distribuição das doenças no espaço urbano.

Dessa forma, ainda no século XXI as Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) continuam a gerar adoecimentos e mortes nas cidades brasileiras, inclusive nas regiões metropolitanas, atingindo principalmente os grupos populacionais mais pobres. Entre as doenças decorrentes de problemas na infraestrutura urbana de saneamento estão a filariose, a esquistossomose, a hepatite infecciosa, a poliomielite, a febre amarela e também a dengue (IBGE, 2011; VILANI, MACHADO, ROCHA, 2014; NUGEM, 2015). Este trabalho analisa essas relações a partir do caso da dengue.

### **Urbanização e dengue em Campinas**

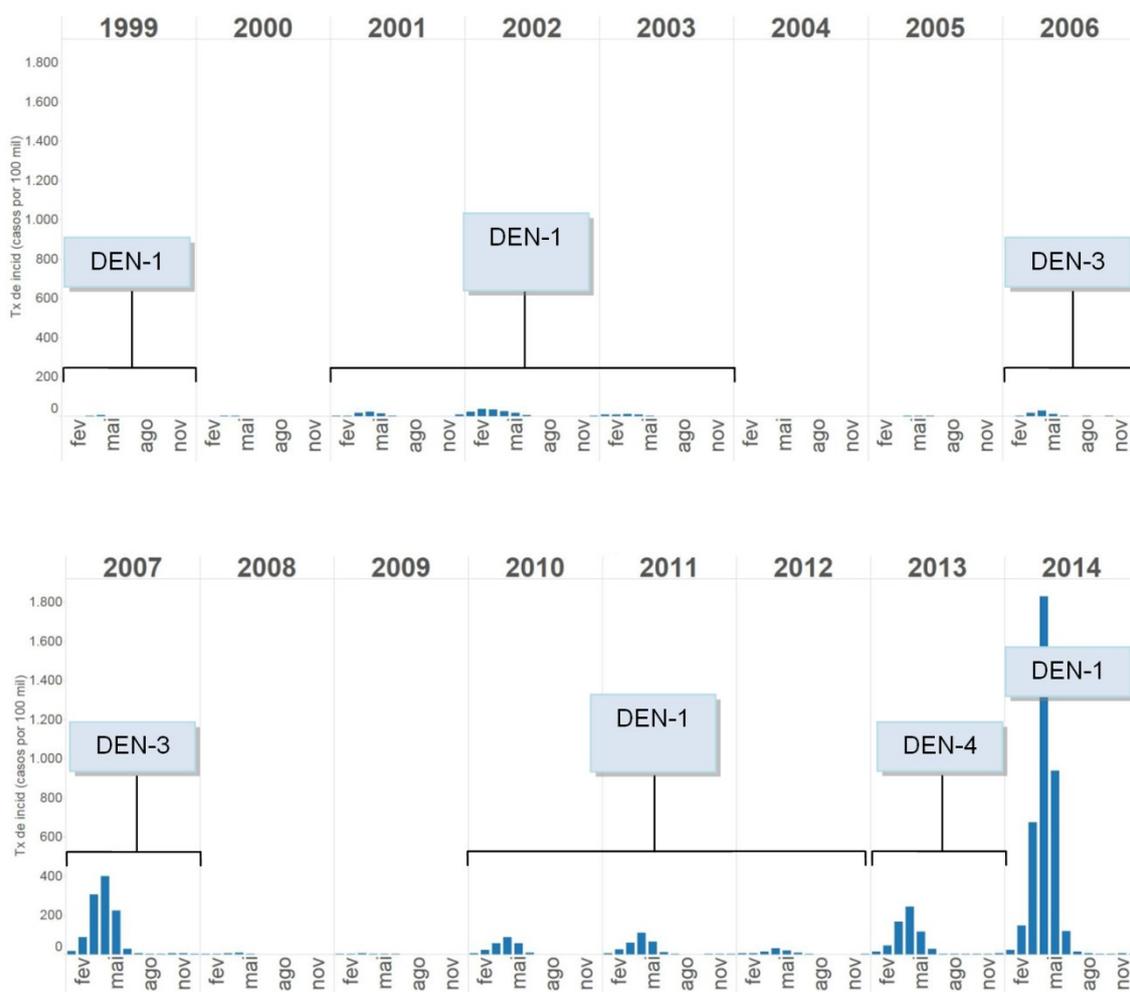
Campinas saltou de uma população total de 376 mil habitantes em 1970 para 665 mil em 1980, chegando a 2010 com mais de 1 milhão de habitantes. O município cresceu mais entre os anos de 1970 e 1980 que a população do Estado de São Paulo e do Brasil (5,9% de crescimento populacional ao ano neste município frente a 3,5 e 2,5, no Estado e no país, respectivamente). O mesmo ocorreu entre os anos de 1980 e 1991: Campinas – 2,5% a. a., Estado de São Paulo – 2,3% a. a. e Brasil – 2,1% a. a. Muito desse crescimento populacional em Campinas entre 1970 e 1991 é decorrência da expansão da população vivendo em áreas urbanas. O crescimento da população urbana do município entre 1970 e 1980 foi de 5,8% ao ano e, entre 1980 e 1991, 3,4% ao ano.

Esse processo está relacionado à desconcentração industrial da região metropolitana de São Paulo em direção a outras localidades do país. Esta desconcentração, todavia, traz como marca principalmente uma redistribuição das atividades produtivas industriais pelo interior paulista, contexto em que ganham espaço, por exemplo, Campinas e São José dos Campos, tornando-se polos atrativos de investimentos e, conseqüentemente, de população (NERI, 1996).

Assim, Campinas já possuía, no ano de 1970, 89% de sua população na área urbana, enquanto São Paulo apresentava 80% e o Brasil, 56%. Em 2010, Campinas passa a ter 98% de sua população na cidade, enquanto o Estado de São Paulo conta com 96% e o Brasil, 84%.

O histórico da dengue no município, por sua vez, teve início a partir de meados da década de 1990. Conforme Lima et al. (2004), desde o ano de 1996 Campinas apresenta transmissão autóctone da dengue, ou seja, casos em que o vírus foi contraído por residente no interior do próprio município (o outro tipo é o caso importado, em que o residente contrai o vírus fora do município).

A Figura 1 evidencia a taxa de incidência de dengue por mês no município entre os anos de 1999 e 2014.



**FIGURA 1** – Taxa de incidência de dengue (casos por 100 mil habitantes), por mês, e principais sorotipos circulantes em cada ano, Campinas – 1999-2014

**Fonte:** Taxa de incidência de dengue – Prefeitura Municipal de Campinas (2015). Sorotipos circulantes – Apresentação em Power Point de autoria de/e cedida por André Ribas de Freitas – Departamento de vigilância em Saúde. Dengue – Sala de situação 3 de junho de 2015.

Chamam a atenção especialmente as taxas de incidência de dengue nos anos de 2007 e 2014, as duas maiores epidemias do município, sendo este último ano bastante acima dos níveis verificados em toda a série histórica. Por esta figura também é possível

perceber a sazonalidade da dengue, com a concentração das mais elevadas taxas de incidência da doença no primeiro semestre de cada ano, especialmente entre fevereiro e maio, como fica explícito na epidemia de 2014. Vale ressaltar também a mudança de sorotipos circulantes (tipos de vírus da dengue) no município ao longo desse período. Até o momento todos os quatro sorotipos de dengue já se fizeram presentes no município: DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4.

Campinas apresentou em 2014, além da maior epidemia da sua história até então, também o maior número absoluto de casos de dengue notificados entre todos os municípios do Brasil naquele ano (BRASIL, 2014).

Pela demonstração da importância epidemiológica da dengue em Campinas durante o ano de 2014, este foi o município selecionado para o presente estudo. Vale ressaltar que em 2015 a epidemia de dengue no município superou a de 2014, atingindo mais de 66 mil casos autóctones confirmados (BRASIL, 2015). Compreender a epidemia de 2014 é um passo fundamental para evidenciar os fatores que têm propiciado a ocorrência de sucessivos recordes de notificações de dengue em Campinas.

A seguir são apresentados os dados e métodos utilizados para a operacionalização do conceito de urbanização desigual e também para possibilitar a análise da segmentação dos grupos sociais no espaço urbano vis-à-vis a distribuição dos casos de dengue.

### **Estruturação do banco de dados**

As análises são realizadas a partir de dois bancos de dados. Um deles é o Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras e suas respectivas Unidades de Desenvolvimento Humano (UDH). O Atlas compreende 20 Regiões Metropolitanas (RM) brasileiras, trazendo mais de 200 indicadores de demografia, educação, renda, trabalho, habitação e vulnerabilidade, com dados extraídos dos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010. Foi lançado em 2014, tendo sido elaborado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e Fundação João Pinheiro<sup>1</sup>.

Para investigar a epidemia de dengue em Campinas, a unidade de análise utilizada foi a Unidade de Desenvolvimento Humano (UDH) do Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras. A UDH compreende

---

<sup>1</sup> Para mais informações, consultar: PNUD, IPEA e FJP (2014). Existe um site dedicado à explicação sobre o estudo e também disponibilização dos dados para download: <<http://www.atlasbrasil.org.br/>>.

o agrupamento de setores censitários com homogeneidade socioeconômica e contiguidade espacial. Em Campinas, por exemplo, o Censo Demográfico de 2010 (IBGE) dividiu o município em 1.749 setores censitários. As Unidades de Desenvolvimento Humano são agrupamentos desses setores, totalizando 187 unidades de análise.

O segundo banco de dados deste estudo compreende os endereços do local de residência dos casos autóctones de dengue do município de Campinas de janeiro a dezembro de 2014<sup>2</sup>, obtidos do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) através da Secretaria de Saúde de Campinas.

Foram geocodificados, ou seja, transformados em referências espaciais de latitude e longitude, os casos de dengue por endereço do paciente. O processo de geocodificação foi realizado de uma forma geral em duas etapas. A primeira consiste na padronização do endereço. Este processo utiliza heurísticas para converter representações de endereço (R. = Rua, Av. = Avenida, Pça = Praça, entre outros) em um padrão que será utilizado na fase seguinte. Na segunda etapa, ocorre a geocodificação de fato, onde se realiza uma busca de texto do endereço padronizado em uma base de dados de mapas de ruas.

A geocodificação dos endereços de casos da doença foi extremamente complexa tendo em vista os problemas de preenchimento e digitação das informações rua e número de residência na ficha de notificação de dengue. Dos 48.085 casos de dengue registrados no SINAN, 42.059 foram autóctones de município de residência, foco deste estudo. Retirando os endereços de pacientes sem rua e sem número, restaram 40.337 casos para geocodificar. Destes, foram localizadas com sucesso as coordenadas dos endereços de 39.965 casos (99% dos 40.337 casos, portanto perda de 1%; ou 95% do total de autóctones, os 42.059, ou perda de 5%).

De Boni et al. (2010), analisando os acidentes de trânsito e sua relação com bares em Porto Alegre, apresentaram perda de 7,5% na geocodificação dos casos de acidentes; Hino et al. (2006), geocodificando endereços de pacientes com cólera em Ribeirão Preto, encontraram uma perda de mais de 10%; Galli e Chiaravalloti-Neto (2008) geocodificando endereços de casos de dengue em São José do Rio Preto, depararam-se com uma perda de mais de 15%. Portanto, a perda de 1% entre os

---

<sup>2</sup> Lembrando que caso autóctone é um caso contraído na localidade onde a pessoa habita (VALLE, PIMENTA, CUNHA, 2015).

endereços que efetivamente eram factíveis de localização ou de 5% diante do total de casos autóctones de dengue em Campinas supera os padrões observados na literatura.

As perdas neste estudo foram decorrências de endereços genéricos como Rua A, Viela 1, Lote 5, etc. A análise das perdas, por área do centro de saúde em que se localizam, constatou que elas não se concentraram em nenhuma região específica do município. São esses 39.965 casos geocodificados com sucesso que compreenderam os casos autóctones de dengue por local de residência do paciente analisados nesta investigação.

A partir do software ArcMap, versão 10.3, no banco de dados do Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras foi inserida uma nova variável com o somatório do número de casos de dengue dentro de cada Unidade de Desenvolvimento Humano. Calculou-se então a variável taxa de incidência de dengue para cada unidade de análise, utilizando a informação do número de casos confirmados de dengue, provenientes do SINAN (referente a 2014), e volume total de população, a partir do Atlas (referente a 2010). A tentativa de realização da projeção populacional de 2010 para 2014 pelo método AiBi para pequenas áreas, frequentemente utilizado pelo IBGE, não obteve sucesso. Isso porque algumas unidades de análise apresentaram decréscimo de população entre os anos censitários que foram referência para a projeção (2000 e 2010) e uma extrapolação com base nessa tendência culminou em áreas com população muito rarefeita em 2014. Por este motivo, de modo a garantir a qualidade do dado, optou-se por utilizar como referência a população de 2010 para o cálculo da taxa de incidência de dengue em 2014.

### **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e Taxa de Incidência de dengue em Campinas<sup>3</sup>**

Para ilustrar o conceito de urbanização desigual e da segmentação dos grupos sociais no espaço urbano foi utilizada, do Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras, a variável Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) referente ao ano de 2010. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é um indicador composto que sintetiza informações de renda, escolaridade e esperança de vida. É normalmente empregado pela Organização das Nações Unidas

---

<sup>3</sup> Parte da discussão realizada neste trabalho, assim como seus métodos e resultados, foram publicados em: JOHANSEN, I. C.; CARMO, R. L.; ALVES, L. C. Desigualdade social intraurbana: implicações sobre a epidemia de dengue em Campinas, SP, em 2014. **Cadernos Metrópole**, v. 18, n. 36, p. 421-440, 2016.

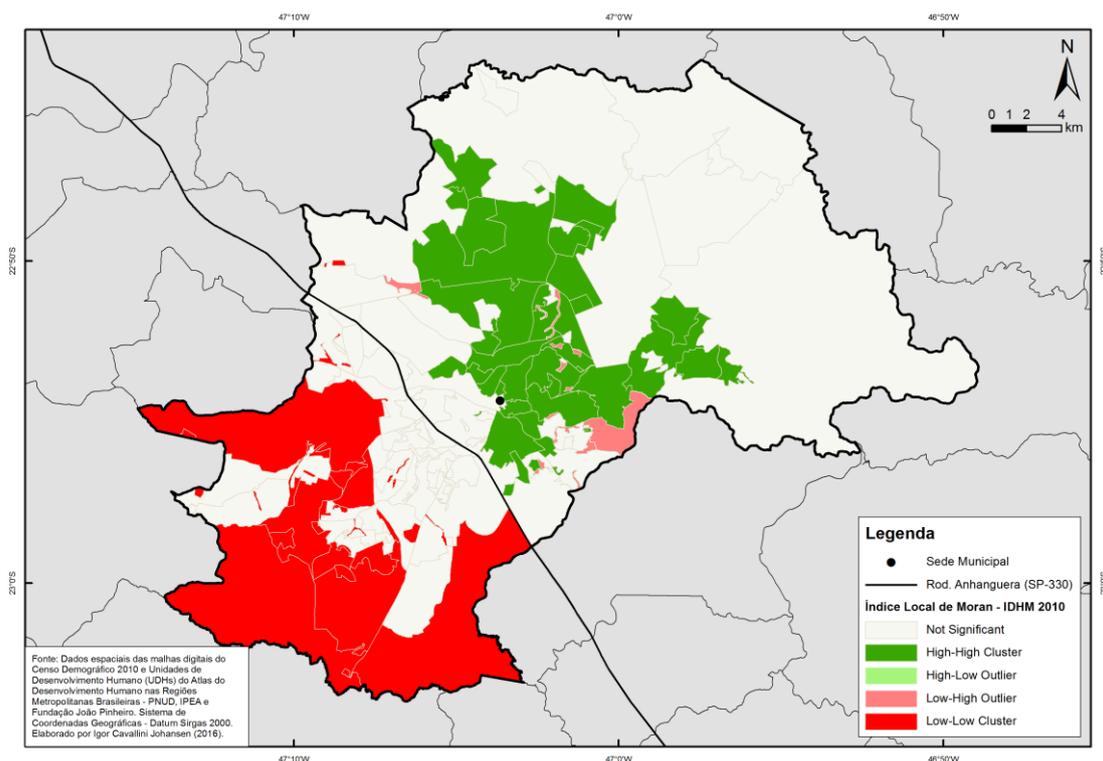
para avaliar o nível de desenvolvimento dos países (ONU, 2015). Neste estudo utiliza-se o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, que compreende uma adaptação do IDH, também combinando informações de renda, escolaridade e esperança de vida, a diferença é que neste caso o indicador é calculado para o nível intramunicipal, tomando como principal fonte de informações os dados do Censo Demográfico de 2010. O IDHM (assim como o IDH) varia de 0 a 1, sendo 0 menor e 1 maior desenvolvimento humano. Através dele é possível analisar as desigualdades no que diz respeito à composição socioeconômica dos grupos sociais no interior do município de Campinas.

Considerando que as variáveis IDHM e taxa de incidência de dengue possuem especificidades, a análise de cada uma conta com um método distinto.

Assume-se o IDHM como estático no tempo, pois esse dado não muda durante todo o período de análise. Isso ocorre porque cada Unidade de Desenvolvimento Humano apresenta o mesmo IDHM durante todos os meses de 2014. Para a análise desta variável utilizam-se então os Índices Global e Local de Moran.

O Índice de Moran permitiu identificar agrupamentos de áreas próximas com alto ou baixo índice de desenvolvimento humano. Um teste inicial com o Índice Global de Moran apontou um valor positivo (0,170), indicando a existência de clusters de valores. O *z-score* da análise foi de 8,159, apresentando *p*-valor < 0,01. Conclui-se assim que os dados compõem agrupamentos estatisticamente significativos. Na busca pelo maior *z-score* possível, encontrou-se que a distância entre as unidades de análise deveria ser de 8.262 metros. Por fim, no cálculo do Índice Local de Moran, obteve-se o resultado apresentado na Figura 2.

A rodovia Anhanguera é representada no mapa por meio de uma linha que perpassa o município na direção sudeste a noroeste. O que se observa são dois agrupamentos separados pela Anhanguera: ao norte da rodovia, existem áreas “similares” com alto IDHM (em verde escuro), enquanto na porção sul existe uma grande concentração de áreas com baixo IDHM (em vermelho escuro). Chama a atenção também a existência de outliers: ao norte, áreas com baixo IDHM (vermelho claro) em proximidade do grande agrupamento de áreas com alto IDHM (verde escuro). Note-se que o contrário não ocorre, ou seja, não se veem áreas com alto IDHM na porção sul, em proximidade ao grande agrupamento de unidades com baixo IDHM. As áreas mais claras são aquelas que não apresentaram significância estatística no cálculo do Índice de Moran.



**FIGURA 2** – Índice Local de Moran para o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, Campinas-SP – 2010

A taxa de incidência de dengue, por sua vez, apresenta modificações em seu valor em cada unidade de análise de um mês para o outro. Por exemplo: pode-se ter uma Unidade de Desenvolvimento Humano com alta taxa de incidência de dengue em janeiro, mas em fevereiro haver um arrefecimento dessa taxa naquele local e um crescimento em outra unidade de análise. Isso ocorre porque os casos de dengue não necessariamente ficam concentrados sempre em um mesmo lugar, eles podem ser mais numerosos em determinado local em dado período, depois apresentar redução ali e aumentar em outro ponto do município. Para analisar essa dinâmica da taxa de incidência da dengue no espaço e no tempo utiliza-se o software SaTScan.

De acordo com Block (2007), SaTScan é um programa desenvolvido em parceria entre Martin Kulldorff (Universidade de Harvard), o Instituto Nacional de Câncer dos Estados Unidos, e Jarzad Mostashari, do Departamento de Saúde e Higiene Mental da cidade de Nova York. Trata-se de um software livre<sup>4</sup>. Este programa permite a identificação de clusters temporais, espaciais ou espaço-temporais. Como resultado são indicados círculos ou elipses de uma área contínua com tamanho variável na área de estudo.

<sup>4</sup> Disponível para download em: <<http://www.satscan.org>>.

Trabalhos pioneiros demonstrando a viabilidade do uso do SaTScan para análises espaço-temporais em saúde podem ser encontradas em Kulldorf e Nargawalla (1995), Kulldorff (1997) e Kulldorff et al. (1998).

Foram identificados dois trabalhos no Brasil discutindo dengue e se utilizando, para tanto, do software SaTScan. Um deles analisa os casos de dengue na cidade de Lavras-MG entre 2007 e 2010 (FERREIRA, 2012). O outro busca a detecção de clusters com base na sazonalidade da dengue nos municípios brasileiros entre 2007 e 2011 (LEWKOWICZ, 2013). Ferreira (2012) analisa para o período entre 2007 e 2010 todos os 1.236 casos de dengue notificados em Lavras, utilizando o SaTScan como ferramenta complementar após a aplicação do Índice de Moran. Lewkowicz (2013), por sua vez, investiga tendências de distribuição espaço-temporal da dengue no nível de município, sem observar especificidades no interior de cada uma das áreas urbanas com casos de dengue.

Este trabalho sobre dengue em Campinas difere dos demais ao propor o uso do SaTScan com *um conjunto grande de casos de dengue* (39.965), geocodificados de modo a permitir a *análise de diferenciais intraurbanos* em uma cidade heterogênea em termos de composição da população.

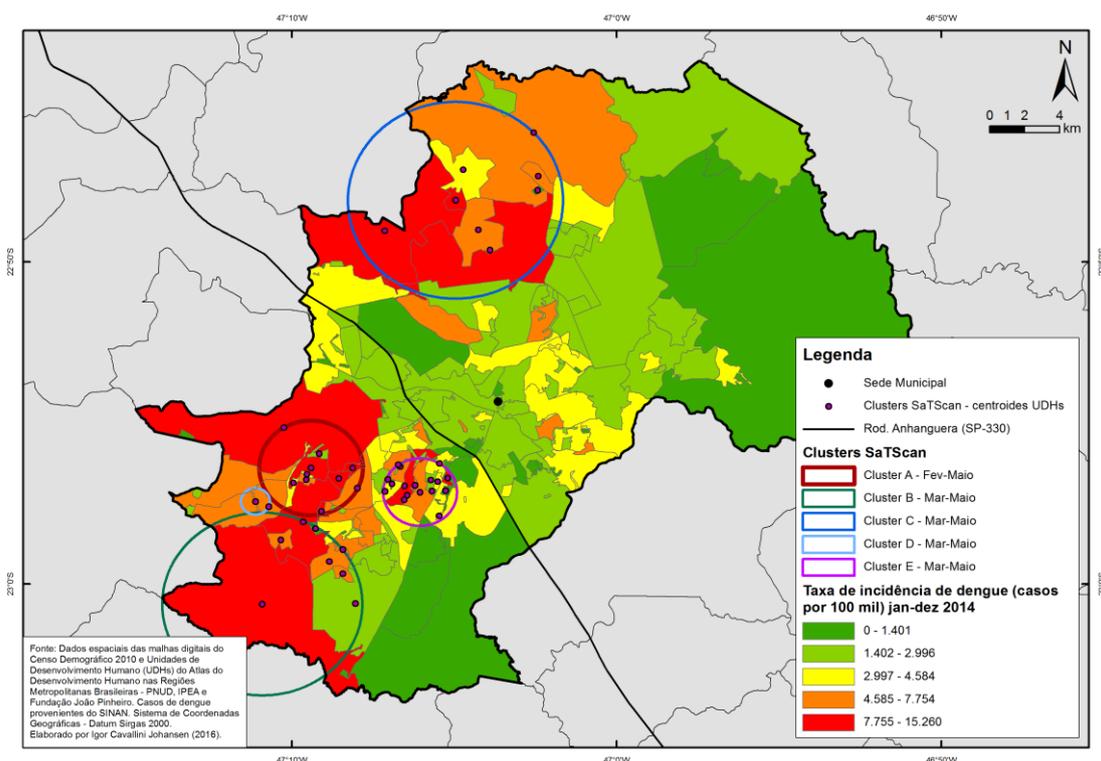
O SaTScan utilizou um modelo discreto de Poisson. O modelo de Poisson é comumente utilizado quando a variável resposta de interesse refere-se uma contagem de eventos que ocorrem em um determinado intervalo de tempo e espaço.

A aplicação do modelo rejeitou a hipótese nula de que o número de casos em cada área é proporcional à sua população, caso em que não haveria clusters. A rejeição da hipótese nula indica que existem clusters de áreas com alta taxa de incidência de dengue e que, portanto, a análise estatística pode prosseguir.

Nesta análise foram selecionados apenas os primeiros cinco clusters entre os que apresentaram significância estatística ( $p\text{-valor} < 0,01$ ). Esses clusters podem ser observados na Figura 3.

Em termos de distribuição espacial, veem-se quatro agrupamentos de áreas com alta taxa de incidência de dengue localizados ao sul da rodovia Anhanguera e um, ao norte. Quanto à distribuição temporal, a análise indica que o primeiro cluster de áreas com alta taxa de incidência em 2014 (Cluster A – círculo vermelho) foi identificado ao sul da Anhanguera, na região dos bairros Cidade Satélite Íris, Residencial Campina Verde e Jardim Florence, tendo ocorrido de fevereiro a maio de 2014. Os demais clusters foram identificados no período de março a maio daquele ano, como é o caso do

Cluster B (em verde) na região dos bairros Friburgo e Fogueteiro, extremo sul do município e do Cluster C (em azul escuro), que compreende os bairros Real Parque, Independência, Recanto Yara, Ciatec I e Parque das Universidades, apenas para citar alguns. Tem-se ainda o Cluster D (em azul claro), compreendendo o Residencial Jardim Maracanã, Campos Elíseos e Cidade Jardim e o Cluster E (em rosa), que abrange localidades como o Novo Campos Elíseos, Jardim Alvorada, Parque Ipiranga, Jardim Capivari e Jardim do Lago Continuação.



**FIGURA 3** – Clusters espaço-temporais mais significativos (SaTScan) e taxa de incidência de dengue, Campinas – janeiro a dezembro de 2014

A mesma figura apresenta a taxa de incidência de dengue no acumulado de janeiro a dezembro. Os intervalos entre as classes da legenda, de verde a vermelho, são separados pela técnica de quebras naturais ou *natural breaks*, que busca minimizar a variância intra classes e maximizar a variância inter classes.

Vale observar que os clusters do software SaTScan coincidem com as áreas de elevada taxa de dengue (áreas em amarelo, laranja e vermelho). Isso indica que, de fato, os clusters provenientes do software SaTScan foram sensíveis o suficiente para abarcar as unidades de análise mais relevantes em termos de taxa de incidência de dengue.

## **Conclusões**

O contexto de elaboração deste trabalho foi a busca por evidenciar o papel do espaço enquanto dimensão analítica central nos estudos sobre a interação entre População e Ambiente. O objetivo específico consistiu em investigar se a distribuição da população no espaço intramunicipal, apresentando acesso diferenciado aos recursos e serviços da cidade, poderia ter influenciado na distribuição espacial e temporal da dengue. Esta análise foi realizada a partir do estudo de caso do município de Campinas, no estado de São Paulo – Brasil, em 2014.

Campinas encontra-se na seguinte conjuntura: expansão urbana sem planejamento satisfatório, que culmina na ampliação das áreas de ocupação e, conseqüentemente, no incremento de populações vivendo sem acesso adequado aos equipamentos e serviços urbanos. Uma das grandes marcas da separação entre grupos sociais no município é a rodovia Anhanguera. Um conjunto de autores já se dedicou à análise sobre as diferenças entre as áreas mais desenvolvidas ao norte e menos ao sul desta rodovia que também é chamada de “cordilheira da pobreza”, por marcar uma das principais segmentações dos grupos populacionais no município (NEPO, NESUR, 2004; CUNHA et al., 2005; CUNHA e JIMÉNEZ, 2006).

Neste trabalho, a utilização do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e a aplicação do Índice de Moran para identificar clusters evidenciou a segregação dos grupos populacionais no interior do município, seguindo a lógica da separação geográfica promovida pela rodovia Anhanguera: ao norte os grupos em melhores condições de vida e ao sul, aqueles com pior nível socioeconômico. A desigualdade social do ponto de vista geográfico não ocorre, portanto, de forma concêntrica, ou seja, do centro para as bordas do município, mas sim através da clara delimitação espacial por esta que é uma das principais rodovias do Estado de São Paulo.

Para avaliar os diferenciais da taxa de incidência de dengue no nível intramunicipal em Campinas no ano de 2014 utilizou-se o software SaTScan. Essa análise é fundamental tendo em vista que apesar de que a deflagração de casos desta doença infecciosa ser perpassada por várias escalas espaciais (local, regional, nacional e global), é no âmbito local que os casos de dengue ocorrem. Assim, é nessa esfera que os principais condicionantes da doença se fazem presentes, tanto sociais quanto ambientais. Conseqüentemente, é também na escala local que políticas focalizadas em espaços e segmentos populacionais específicos podem ser aplicadas no sentido de

equacionar o problema dos recursos financeiros escassos diante de um vasto território a ser compreendido no controle da dengue.

Esta análise possibilitou concluir que os principais clusters espaço-temporais de elevada taxa de incidência de dengue se concentraram na região sul do município (apenas um foi encontrado ao norte da Rodovia Anhanguera). Conforme observado, é exatamente na porção sul onde se localizam os segmentos populacionais com menor Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e, portanto, onde estão concentradas as piores condições socioeconômicas e de acesso a recursos e serviços urbanos, fatores que apresentam influência sobre o nível do IDHM.

Neste trabalho foi utilizada como unidade de análise as Unidades de Desenvolvimento Humano. Esta unidade possibilitou comparar os diferenciais intraurbanos de níveis de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e a taxa de incidência de dengue, algo nunca antes investigado, nesta escala espacial, para um município brasileiro.

Vale notar, todavia, que a variável IDHM não é suficiente para explicar a taxa de incidência de dengue em Campinas no ano de 2014. Isso porque, para compreender uma doença multicausal como a dengue são necessários mais elementos explicativos, não apenas relativos às características da população, como também do ambiente urbano e das inter-relações daquela com este. A análise pormenorizada de todos os elementos causais relacionados à epidemia histórica de dengue no município de Campinas foge ao escopo deste trabalho.

Esta investigação exemplificou a importância de se enfatizar e discutir o espaço nos estudos sobre População e Ambiente. O espaço deve ser valorizado tanto enquanto categoria analítica do ponto de vista conceitual (espaço social e historicamente construído – neste caso a partir da discussão sobre urbanização) quanto a partir de novas metodologias que possibilitem a compreensão de seu papel sobre a dinâmica demográfica (aqui abordada por intermédio da análise da morbidade por dengue). O espaço, assim, recebe as ações da/ e atua sobre a dinâmica da população. A compreensão dessas inter-relações podem ainda avançar a partir da disponibilização de cada vez maior volume e qualidade de informações com base espacial. Além disso, para a agenda de pesquisa, aponta-se a necessidade de buscar aprofundamento, no âmbito desse campo de estudos, acerca do papel das escalas de análise e das unidades de agregação sobre os resultados obtidos.

Para esta investigação foi escolhido o tema da dengue devido à sua relevância para o Brasil e demais países da América Latina. Atualmente o mosquito vetor desta doença, o *Aedes aegypti*, também preocupa por veicular duas novas doenças: a febre chikungunya e o vírus da zika. A chikungunya causa sintomas mais intensos comparativamente à dengue, enquanto a zika pode apresentar associação com defeitos de nascimento, resultando em um aumento de bebês com microcefalia. A preocupação com essas três doenças é global, mas causa hoje maior impacto especialmente sobre os países latino-americanos. Compreender as condições socioeconômicas da população e os aspectos do ambiente urbano que propiciam o desenvolvimento desse mosquito, assim como o processo de expansão espaço-temporal das doenças que ele transmite, é passo fundamental no controle de tais enfermidades e na proteção efetiva de todos os grupos populacionais.

\* \* \*

## Referências

- ANDRADE, V. R. **Distribuição espacial do risco de dengue em região do Município de Campinas**. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Médicas. Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, 2009.
- BLOCK, R. Scanning for Clusters in Space and Time: A Tutorial Review of SaTScan. **Social Science Computer Review**. Estados Unidos, v. 25, p. 272-278, 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico**, v. 45, n. 31, 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/WLgro4>>. Acesso em: fev. 2016.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico**, v. 46, n. 44, 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/dIvWuo>>. Acesso em: fev. 2016.
- CANO, W. Urbanização: Crise e Revisão de Planejamento. In. CANO, W. **Ensaio sobre a Crise Urbana do Brasil**. Campinas-SP: Editora da Unicamp, 2011.
- CASTRO, M. C. Spatial Demography: An Opportunity to Improve Policy Making at Diverse Decision Levels. **Population Research and Policy Review**, v. 26, n. 5-6, 2007.
- CHIARAVALLOTI-NETO, F. et al. Assessment of the relationship between entomologic indicators of *Aedes aegypti* and the epidemic occurrence of dengue virus 3 in a susceptible population, São José do Rio Preto, São Paulo, Brazil. **Acta tropica**, v. 142, 2015.

COSTA, H. S. M.; MONTE-MOR, R. L. M. Urbanization & Environment: trends and patterns in contemporary Brazil. In. HOGAN, D. J.; BERQUÓ, E.; COSTA, H. S. M. (Eds.). **Population and environment in Brazil**: Rio + 10. Campinas-SP: CNPD, ABEP, NEPO, 2002.

CUNHA, J. M. P. et al. Expansão metropolitana, mobilidade espacial e segregação nos anos 90: o caso da RM de Campinas. In. XI ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL (ANPUR). **Anais**. Salvador, v. 11, p. 1-21, 2005. Disponível em: <<http://goo.gl/aJx9EL>>. Acesso em: set. 2015.

\_\_\_\_\_.; JIMÉNEZ, M. A. Segregação e acúmulo de carências: localização da pobreza e condições educacionais na Região Metropolitana de Campinas. In. CUNHA, J. M. P. (Org.). **Novas metrópoles paulistas: população, vulnerabilidade e segregação**. Campinas-SP: UNICAMP/NEPO, 2006.

DE BONI, R. et al. Geoprocessamento no estudo da relação entre acidentes de trânsito e bares em Porto Alegre. In. PECHANSKY, F.; DUARTE, P. C. A. V.; DE BONI, R. B. (Org.). **Uso de bebidas alcoólicas e outras drogas nas rodovias brasileiras e outros estudos**. Porto Alegre: SENAD, p. 84 – 88, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/2Oh2pp>>. Acesso em: nov. 2015.

FARIA, V. E. Cinquenta anos de urbanização no Brasil. **Novos Estudos CEBRAP**. São Paulo, n. 29, p. 98-119, 1991.

FERREIRA, L. M. **Mapeamento dos casos de dengue na cidade de Lavras-MG, no período de 2007-2010**. Dissertação de mestrado. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/16fCkg>>. Acesso em: nov. 2015.

GALLI, B.; CHIARAVALLI-NETO, F. Modelo de risco tempo-espacial para identificação de áreas de risco para ocorrência de dengue. **Rev Saúde Pública**. São Paulo, v. 42, n. 4, p. 656-663, 2008.

HARVEY, D. **Os limites do capital**. São Paulo-SP: Boitempo, 2013.

HINO, P. et al. Geoprocessamento aplicado à área da saúde. **Rev Latino-Am Enferm**. São Paulo, v. 14, n. 6, p. 939-943, 2006.

HOGAN, D. J. A relação entre população e ambiente: desafios para a demografia. In. TORRES, H.; COSTA, H. (Orgs.). **População e meio ambiente: debates e desafios**. p. 21-52. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2000.

\_\_\_\_\_.; MARANDOLA-JR, E.; OJIMA, R. **População e Ambiente: desafios à sustentabilidade**. Série Sustentabilidade, v. 1. São Paulo: Blucher, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de saneamento 2011**. Rio de Janeiro-RJ: IBGE, 2011.

\_\_\_\_\_. **Censos Demográficos 1950, 1970, 1980, 1991 e 2010**.

JOHANSEN, I. C.; CARMO, R. L.; ALVES, L. C. Desigualdade social intraurbana: implicações sobre a epidemia de dengue em Campinas, SP, em 2014. **Cadernos Metrópole**, v. 18, n. 36, p. 421-440, 2016.

KOWARICK, L. **A espoliação urbana**. Rio de Janeiro-RJ: Paz e Terra, 1979.

KULLDORFF, M. A spatial scan statistic. **Communications in Statistics – Theory and Methods**. Reino Unido, v. 26, n. 6, p. 1481-1496, 1997.

\_\_\_\_\_. et al. Evaluating cluster alarms: A space-time scan statistic and brain câncer in Los Alamos, New Mexico. **American Journal of Public Health**. Estados Unidos, v. 88, n. 9, p. 1377-1380, 1998.

\_\_\_\_\_.; NAGARWALLA, N. Spatial disease clusters: detection and inference. **Statistics in medicine**. Estados Unidos, v. 14, n. 8, p. 799-810, 1995.

LAGO, L. C. **Desigualdades e segregação na metrópole**: o Rio de Janeiro em tempo de crise. Rio de Janeiro, Revan/Observatório-IPPUR/UFRJ-FASE, 2000.

LEWKOWICZ, R. **Detecção de Clusters**: uma análise de sazonalidade de surtos de dengue nos municípios do Brasil de 2007 a 2011. Monografia de conclusão do curso em Estatística. Brasília, Universidade de Brasília (UnB), 2013. Disponível em: <http://goo.gl/j55Fzw>. Acesso em: 20 nov. 2015.

LIMA, V. L. C. et al. **Controle Integrado da Dengue utilizando geoprocessamento**. Relatório Final FAPESP, 2004.

MARTEIS, L. S. et al. Identifica o e distribui o espacial de imóveis-chave de *Aedes aegypti* no bairro Porto Dantas, Aracaju, Sergipe, Brasil entre 2007 e 2008. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 2, 2013.

MARTINE, G. et al. A urbaniza o no Brasil: retrospectiva, componentes e perspectivas. **Prioridades e Perspectivas de Políticas Públicas**. Ipea Iplan, Brasília, v. 03, p. 99-159, 1990. Disponível em: <<http://goo.gl/DKKUIt>>. Acesso em: dez. 2015.

\_\_\_\_\_. O lugar do espaço na equa o popula o/meio ambiente. **Revista Brasileira de Estudos de Popula o**, v. 24, n. 2, p. 181-190, 2007.

\_\_\_\_\_. Popula o, Meio Ambiente e Desenvolvimento: o cenário global e nacional (Capítulo 1). In. MARTINE, G (Org.) **Popula o, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Campinas-SP: Editora da Unicamp, 1993. p. 21-41.

MASSEY, D. B. **Spatial Divisions of Labor**: Social Structures and the Geography of Production. Nova York-EUA: Routledge, 1995.

NEPO – NÚCLEO DE ESTUDOS DE POPULA O e NESUR – NÚCLEO DE ECONOMIA SOCIAL, URBANA E REGIONAL. **Atlas da Região Metropolitana de Campinas**. Campinas-SP, UNICAMP, 2004.

NERI, B. **Concentra o e desconcentra o industrial em São Paulo (1880-1990)**. Campinas-SP: Editora da UNICAMP, 1996.

NUGEM, R. C. **Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI) em Porto Alegre – RS**. Dissertação de mestrado. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/9KGUE8>>. Acesso em: dez. 2015.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. **World Urbanization Prospects, the 2014 revision**. Disponível em: <<http://goo.gl/mSXO8m>>. Acesso em: dez. 2015.

\_\_\_\_\_. **Human Development Index**. Disponível em: <<http://goo.gl/BSGPG9>>. Acesso em: dez. 2015.

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO; IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras**. Brasília-DF: PNUD, IPEA, FJP, 2014. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br>>. Acesso em: jul. 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. Secretaria Municipal de Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde. **Síntese dos dados sobre dengue em Campinas em 13 de maio de 2015**. Disponível em: <<http://goo.gl/Mwfcu>>. Acesso em: nov. 2015.

ROLNIK, R. **Promotion and Protection of all human rights, civil, political, economic, social and cultural rights, including the right to development**. Human Rights Council. Tenth session. Agenda item 3. 4 February 2009. Disponível em: <<http://goo.gl/kOtDIA>>. Acesso em: mar. 2015.

SANTOS, M. **A urbanização desigual: a especificidade do fenômeno urbano em países subdesenvolvidos**. Petrópolis-RJ: Vozes, 1980.

SMITH, N. **Desenvolvimento Desigual**. Rio de Janeiro-RJ: Editora Bertrand Brasil S. A., 1988.

TAUIL, P. L. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. **Cad. Saúde Pública**, v. 18, n. 3, p. 867-871, 2002.

TORRES, H. G.; SYDENSTRICKER-NETO, J. Por uma periferia sustentável. In: MARTINE, G. (Ed.). **População e sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais: contribuições para uma agenda brasileira**. Belo Horizonte-MG: ABEP, 2012.

VALLE, D.; PIMENTA, D. N.; CUNHA, R. V. **Dengue: Teorias e Práticas**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2015.

VILANI, R. M.; MACHADO, C. J. S.; ROCHA, É. T. S. Saneamento, dengue e demandas sociais na maior favela do Estado do Rio de Janeiro: a Rocinha. **Vigilância Sanitária em Debate**. Rio de Janeiro, v. 2, n. 3, p. 18-29, 2014.