Casos de dengue em Planaltina-DF: análise espacial e fatores socioambientais em um ano epidêmico

Cases of dengue in Planaltina-DF: spatial analysis and socio-environmental factors in an epidemic year

Rogerio Vidal de Siqueira
Especialista em Geografia e Análise Ambiental
Universidade Estadual de Goiás, Campus Formosa, Brasil
rogeriovidalsiqueira@gmail.com

Patrick Thomaz de Aquino Martins
Doutor em Geociências e Meio Ambiente
Universidade Estadual de Goiás, Campus Formosa, Brasil
patrick.martins@ueg.br

Resumo
A dengue é uma virose aguda, causada por quatro diferentes sorotipos de vírus (D-1, D-2, D-3 e D-4) e é considerada uma doença endêmica no Brasil. Os primeiros casos confirmados de dengue no Distrito Federal foram registrados em 1991 e até hoje diversas regiões administrativas apresentam quantidades expressivas de casos, principalmente Planaltina. O presente trabalho buscou analisar a distribuição espacial da dengue na Região Administrativa de Planaltina, para o ano de 2014, focando na existência de correlação entre casos de dengue e fatores socioambientais. A metodologia consistiu em i) levantamento de dados, com destaque para dados socioambientais e casos de dengue, bem como a sua espacialização; e ii) processamento e análise dos dados. O ano de 2014 foi um ano epidêmico no Distrito Federal, o que se refletiu em Planaltina, a qual atingiu uma taxa de incidência de 1.078,97 casos por 100 mil habitantes. A espacialização da taxa de incidência por setor censitário mostrou-se alta em boa parte dos setores urbanos, mas também se fez presente em alguns setores rurais. A correlação de Pearson mostrou-se positiva para a variável pessoa responsável com rendimento nominal mensal de até 3 salários mínimos (PRR3) e negativa para as variáveis domicílio particular permanente sem coleta de lixo (DSCL) e domicílio particular permanente sem abastecimento de água (DSAA). O Índice de Moran foi de 0,418, indicando uma correlação espacial positiva. Os resultados demonstram que, para compreender a complexa dinâmica da dengue, é necessário utilizar diferentes técnicas e variáveis socioambientais, além da própria dimensão espacial.

Palavras–chave: Geoprocessamento, Aedes, Geografia da saúde, Taxa de incidência, Índice de Moran.

Abstract
Dengue is an acute virus caused by four different virus serotypes (D-1, D-2, D-3 and D-4) and is considered an endemic disease in Brazil. The first confirmed cases of dengue in the Federal District were recorded in 1991, and until today several administrative regions have significant amounts of cases, mainly Planaltina. The present work aimed to analyse the spatial distribution of dengue in the Administrative Region of Planaltina, for the year 2014, focusing on the existence of a correlation between dengue cases and socio-environmental factors. The methodology consisted of i) data collection, with emphasis on socio-environmental data and cases of dengue, as well as its spatialization; and ii) data processing and analysis. The year 2014 was an epidemic year in the Federal District, which was reflected in Planaltina, which reached an incidence rate of 1,078.97 cases per 100 thousand inhabitants. The specialisation of the incidence rate by census tract has been high in many urban sectors, but it has also been present in some rural sectors. Pearson's correlation

was positive for the variables responsible person with monthly nominal income of up to 3 minimum wages (PRR3) and negative for the variables permanent private household without garbage collection (DSCL) and permanent private household without water supply (DSAA). The Moran Index was 0.418, indicating a positive spatial correlation. The results demonstrate that, in order to understand the complex dynamics of dengue, it is necessary to use different socio-environmental techniques and variables, besides the spatial dimension itself.

Keywords: Geoprocessing; Aedes; Geography of health; Moran's Index; Incidence rate.

1. INTRODUÇÃO

A dengue é uma virose aguda, do tipo RNA, causada por quatro diferentes sorotipos de vírus (D-1, D-2, D-3 e D-4) e pertence ao grupo antigênico B, do gênero Flavivirus, pertencente à família Flaviviridae. Atualmente, de acordo com Gubler (2014), há evidências de um novo sorotipo (D-5), encontrado na Malásia. Este é um vírus silvestre mais relacionado com o D-4.

O ciclo de transmissão do vírus é feito a partir da picada do mosquito fêmea do *Aedes (Stegomyia) aegypti*, *Aedes (Stegomyia) albopictus* e *Aedes (Stegomyia) scutellaris*, no ciclo indivíduo contaminado – mosquito – indivíduo saudável. Esses vetores também conseguem transmitir o vírus a seus descendentes, por transmissão transovariana, mantendo o vírus mesmo sem hospedeiro humano (DONALÍSIO, 1999; CATÃO, 2012).

Após a transmissão do vírus, o quadro de dengue clássica, de caráter benigno, apresenta manifestações, tais como: febre abrupta e intermitente, cefaleia, artralgia, mialgia, dor retro-orbital, náusea, vômitos, como também podem ocorrer erupções cutâneas nas extremidades e no tronco. A dengue também apresenta formas mais graves, como Febre Hemorrágica da Dengue (FHD) e Síndrome do Choque da Dengue (SCD) (DONALÍSIO, 1999; BHATTS *et al.*, 2013; GUBLER, 2014).

Mesmo o *Ae. albopictus* sendo um vetor de transmissão da doença, este possui um papel secundário, já que não é um vetor epidêmico eficiente da doença, em âmbito nacional. Dessa forma, a grande maioria dos estudos nacionais, como Glasses e Gomes (2002), Honório *et al.* (2003), Bessa Junior *et al.* (2013) e Carvalho e Nascimento (2014), focam no *Ae. aegypti*, já que ele é o principal vetor de transmissão do vírus, podendo transmitir todos os sorotipos presentes no território brasileiro (D-1, D-2, D-3 e D-4).

No Brasil, segundo Catão (2012), a dengue só começou a ser relatada durante o século XIX, na região de São Paulo e Rio de Janeiro, onde a doença era conhecida, popularmente, como "polea" ou "patuléia" (CORDEIRO, 2008). A ausência de relatos anteriores a esse período se deve, possivelmente, ao seu aspecto clínico, que pode ser facilmente confundido com outras viroses e febres comuns da época, sobretudo, no período colonial.

Em relação a ocorrências de epidemias documentadas, há três registros em São Paulo, nos anos de 1851, 1853 e 1916, onde era localmente conhecido como “urucubaca”. Somente em 1923 houve os primeiros registros clínicos, feitos em Niterói - Rio de Janeiro. Já as primeiras confirmações laboratoriais ocorreram em Boa Vista - Roraima, em 1981, com o isolamento dos sorotipos 1 e 4 (CORDEIRO, 2008).

No Distrito Federal, os primeiros casos confirmados de dengue foram registrados em 1991, sendo um total de 30 casos importados. Somente em 1997 ocorreram os primeiros casos autóctones, isto é, pessoas que foram infectadas no Distrito Federal (CATÃO *et al.*, 2009).

Em seu trabalho, Catão *et al.* (2009) descrevem a distribuição espacial da dengue no Distrito Federal, a partir das Regiões Administrativas (RAs), durante o período compreendido entre 2002 a 2006. Para esses autores, é importante pensar a dengue como um fenômeno socioespacial, restritivamente associado aos objetos geográficos e aos fluxos presentes no espaço, já que é uma enfermidade que está ligada às áreas que apresentam maior desigualdade socioeconômica e de infraestrutura, onde a doença apresenta uma permanência maior, onde, na maior das vezes, são ocupadas por populações de baixa renda (CATÃO *et al.*, 2009). Essa afirmativa corrobora a ideia de que Brasília foi marcada por uma grande segregação socioespacial (PAVIANI, 2007), fazendo com que essas desigualdades tenham reflexo na situação da saúde da população.

Siqueira *et al.* (2017), ao estudarem a incidência da dengue no Distrito Federal, juntamente com as variáveis ambientais, no período histórico de 2007 a 2014, identificaram que a Região Administrativa (RA) de Planaltina apresenta uma dinâmica espacial diferenciada das demais regiões administrativas, onde, ao longo do tempo, certas partes da cidade possuem uma concentração significativa de taxa de incidência, enquanto áreas vizinhas apresentam uma baixa taxa de incidência.

O ano de 2014 se torna relevante por ser, de acordo com os Informativos Epidemiológicos emitidos pela Secretaria de Saúde do Distrito Federal, o ano de maior incidência de casos confirmados de dengue dos últimos anos (2011-2018), em Planaltina - DF, sendo classificado como epidêmico, isto é, ultrapassou o limite de 300 casos por 100 mil habitantes, teto considerado para diferenciar um ano endêmico de um epidêmico (DISTRITO FEDERAL, 2013, 2014a, 2014b, 2016, 2017, 2018a, 2018b).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a distribuição espacial da dengue na Região Administrativa de Planaltina, para o ano de 2014, avaliando a existência de correlação entre casos de dengue e fatores socioambientais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A Região Administrativa de Planaltina, RA-VI, está situada a aproximadamente 42,7 quilômetros da rodoviária do Plano Piloto – ponto central de Brasília – a Noroeste do Distrito Federal (Figura 1). De acordo com os dados do setor censitário de 2010 (IBGE, 2010), a área total de Planaltina corresponde a 1.533,13 Km², sendo 59,16 Km² área urbana e 1.473,96 Km² área rural, a qual possui uma grande relevância na produção de grãos para a região do Distrito Federal.

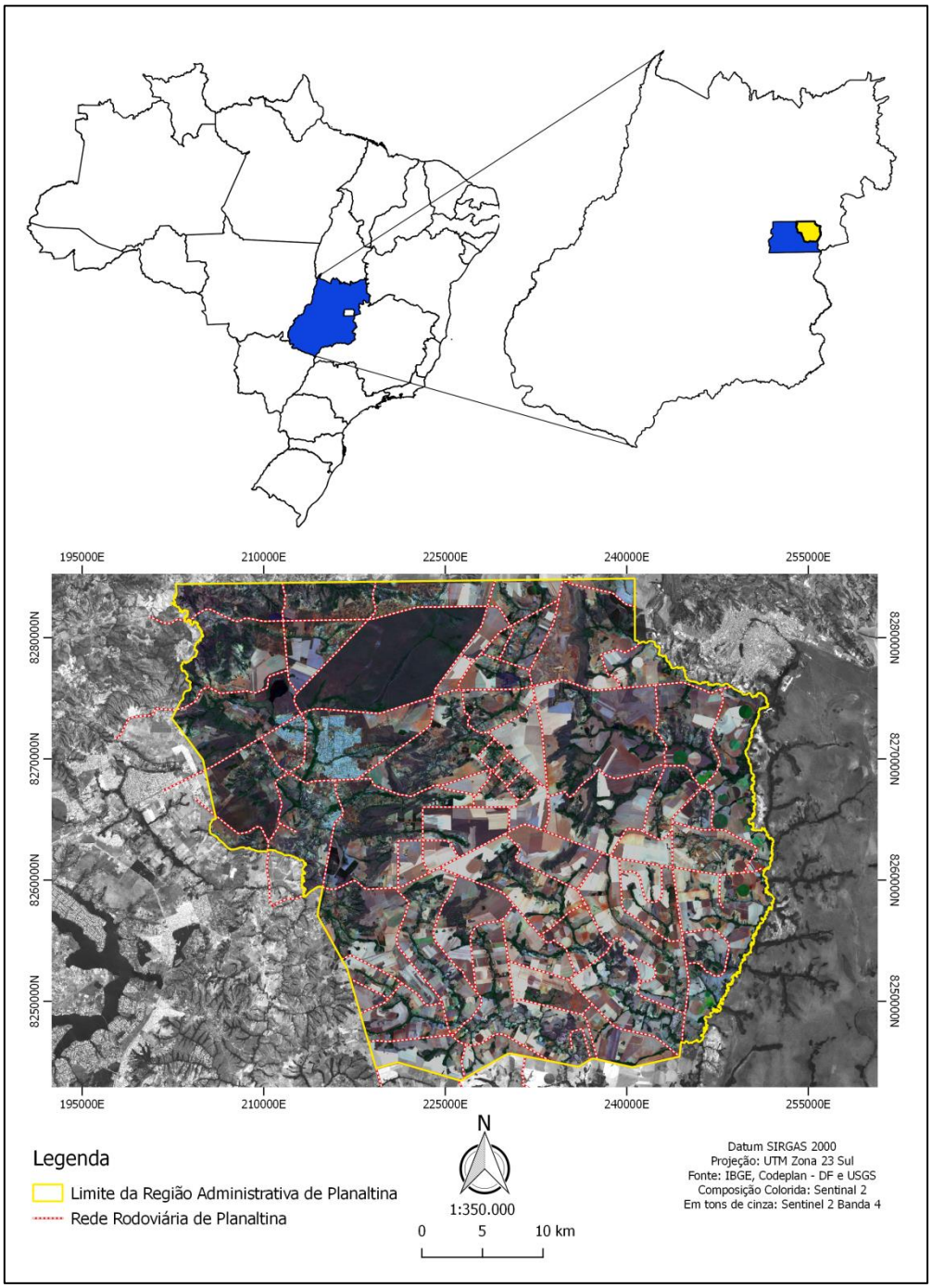

Figura 1 - Mapa da localização da área de trabalho.

Antes da sua incorporação ao território do Distrito Federal, na década de 1960, Planaltina era um município de Goiás, sendo fundada em 1859. Assim, perdeu a sua condição de município e passou a funcionar como cidade satélite (DISTRITO FEDERAL, 2015).

A expansão urbana de Planaltina se deu de forma semelhante a grande maioria das RAs do Distrito Federal. Devido ao grande fluxo migratório de pessoas de diversas regiões do país e à limitação do Plano Piloto em absorver essa massa, necessitou-se criar núcleos urbanos de cidades dormitórios no interior do Distrito Federal.

Em Planaltina, a expansão horizontal da malha urbana se deu a partir da criação de novos setores habitacionais que foram incorporados ao núcleo urbano, denominado setor Tradicional (MATA, 2014), como Vila Vicentina, Setor Residencial Leste (Vila Buritis I, II e III), Setor Residencial Norte A (Jardim Roriz), entre outros (DISTRITO FEDERAL, 2015).

Segundo Mata (2014), Planaltina não é apenas mais uma cidade-dormitório que depende do setor terciário do Plano Piloto ou das RAs vizinhas, possui suas próprias riquezas, como o comércio local que absorve 32,20% da mão de obra.

2.2. Procedimentos metodológicos

2.2.1. Obtenção de dados

Os casos de dengue foram obtidos junto à Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal - SESDF, tabulados, constando casos não-nominais e dados sociais, como idade, sexo, raça e escolaridade, além de apresentar dados epidemiológicos clínicos e laboratoriais (SIQUEIRA, 2017), referentes ao ano de 2014.

A tabela utilizada no estudo contém todas as notificações registradas no Sistema de Informação de Agravos de Notificação - SINAN, porém, para seu uso devido, foi necessário efetuar uma filtragem dos dados. Assim, foi utilizado o procedimento aplicado no trabalho de Siqueira *et al.* (2017), onde são retirados os casos descartados por exame laboratorial, residentes em outras unidades federativas e os casos importados, permanecendo e levando-se em consideração somente os casos confirmados e notificados em Planaltina - DF.

Os dados socioambientais da área de estudo foram adquiridos a partir do *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (https://downloads.ibge.gov.br), onde os mesmos são separados por setor censitário. Esses dados correspondem às tabelas do levantamento de dados do Censo Demográfico de 2010, que consistem em uma complexa pesquisa estatística da situação populacional - urbana e rural - de todo o território nacional.

Ainda no *site* do IBGE, foram obtidos dados vetoriais do setor censitário da área de estudo. Tais dados consistem em um arquivo que possui limites espaciais de cada setor censitário, onde é possível espacializar as informações tabulares do censo, nesse caso, os dados socioambientais.

Além das informações disponibilizadas no *site* do IBGE, foi necessário adquirir dados vetoriais da Região Administrativa de Planaltina, relativos ao Distrito Federal, com o limite territorial e lotes. Esses dados foram obtidos junto à Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação - SEGETH, pelo *site* www.geoportal.segeth.df.gov.br.

Também foi necessário adquirir dados meteorológicos de uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada na estação ecológica Águas Emendadas, localizado na região de Planaltina e, assim, entender a sazonalidade da dengue no período estudado.

2.2.2. Criação de banco de dados geográficos

Neste trabalho, optou-se por confeccionar um banco de dados geográfico, utilizando o *software* PostgreSQL 9.5.14, que consiste em um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Objeto-Relacional (SGBD-OR), gratuito e de código fonte aberto. Sua extensão espacial PostGIS é baseada nas especificações da OpenGIS, devido à sua facilidade e flexibilidade em armazenar, atualizar, consultar, recuperar e analisar dados espaciais (QUEIROZ; FERREIRA, 2005; FERREIRA *et al.*, 2005).

Um banco de dados geográfico, também conhecido como Sistema Gerenciador de Banco de Dados Geográficos (SGBD-G), interpreta e armazena, em tabelas, dados espaciais representados por objetos geométricos, geralmente de natureza geográfica, e fornece funções especiais e índices para consultar e manipular esses dados, usando *queries* em SQL/MM (*Structured Query Language - MultiMedia*) (FERREIRA *et al.*, 2005; OBE; HSU, 2011).

A inserção, tanto dos arquivos vetoriais, quanto das tabelas com as estatísticas por setor censitário no banco de dados, foi feita utilizando o *DB Manager*, um *plugin* do Software de geoprocessamento QGIS Desktop 2.18.24. O *DB Manager* funciona como um gerenciador de banco de dados no QGIS, do qual facilita a visualização dos bancos, esquemas e tabelas presentes no PostgreSQL/PostGIS. Ainda é possível realizar consultas em SQL e adicionar seus resultados, ou a própria tabela, no ambiente de trabalho do QGIS.

2.2.3. Processamento dos dados de Dengue e Socioambientais

Um dos processamentos necessários para analisar os casos de dengue de maneira espacial consiste na espacialização dos mesmos, facilitando diversas análises geográficas, tais como a identificação de padrões, localização de agrupamentos (*clusters*) de casos de dengue, indicação de áreas de maior e menor incidência, entre outros. Assim, optou-se por georreferenciar os endereços de cada caso notificado, pois é uma forma de se relacionar com os dados de setor censitário. Sendo assim, foi utilizado o *plug-in* MMQGIS (Minn, 2018) para QGIS Desktop.

Esse *plug-in* foi desenvolvido para manipular dados vetoriais e, dentre suas funcionalidades, é possível georreferenciar endereços, ou seja, atribuir um par de coordenadas geográficas (latitude e longitude) ao endereço, transformando-o em um ponto no espaço geográfico.

No ano de 2014, após a realização da limpeza na tabela, foram notificados e confirmados 2.308 casos de dengue na Região Administrativa de Planaltina, dos quais 1.860 endereços foram georreferenciados, sobrando 448 endereços. Ou seja, 78,15% dos casos notificados foram georreferenciados.

Mesmo após o georreferenciamento, foi necessário realizar uma correção dos pontos, pois uma parcela significativa dos endereços georreferenciados não correspondia à sua localização real. Muitos pontos acabaram se sobrepondo em um único endereço, mesmo sendo de quadras, conjuntos e até mesmo setores habitacionais diferentes.

Um dos motivos desse erro acontecer está na falta um de padrão no preenchimento dos endereços presentes nas notificações, onde podem ser encontrados registros com "csa", "ksa", e "lt". Outro fator limitante é na ordem dos elementos que compõem o endereço, em que alguns casos não estão na estrutura que o API do Google, utilizado pelo MMQGIS, interpreta.

Em relação aos dados socioambientais, foi possível construir indicadores que facilitam o entendimento das condições da população e, consequentemente, verificar a sua relação com a ocorrência de casos de dengue. Os indicadores construídos foram: 1) pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de até 3 salários mínimos (PRR3); 2) pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de 3 a 10 salários mínimos (PRR3-10); 3) pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal acima de 10 salários mínimos (PRR10); 4) domicílio particular permanente sem coleta de lixo (DSCL); e 5) domicílio particular permanente sem abastecimento de água (DSAA).

2.2.4. Análise espacial dos casos de dengue

A primeira análise realizada foi a identificação do grau de dependência entre o número de casos de dengue e os indicadores socioambientais para cada setor censitário, a partir do coeficiente de correlação de Pearson (*r*), por meio da ferramenta estatística RStudio 1.1.463, que é uma interface e ambiente de desenvolvimento integrado ao software R (R CORE TEAM, 2018). O coeficiente de correlação é calculado por meio da Equação 1:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left(\sum (x_i - \bar{x})^2\right)\left(\sum (y_i - \bar{y})^2\right)}}$$

Eq. 1

Onde:
x_i e y_i = variáveis (dados socioambientais e casos de dengue)
$\bar{x}$ e $\bar{y}$ = médias das variáveis

Esse coeficiente pode variar de -1 a +1, sendo que quanto mais próximo desses valores, mais forte será a correlação, negativa ou positiva, respectivamente. É possível agrupar esses valores em sete categorias (Tabela 1), de acordo com Ferreira (2014).

Tabela 1 - Classificação da magnitude da correlação de Pearson (r).

Intervalo de r	Magnitude da correlação
0,1 < r < 0,4	Fracamente positiva
0,4 < r < 0,8	Moderadamente positiva
0,8 < r < 1,0	Altamente positiva
-0,1 < r < -0,4	Fracamente negativa
-0,4 < r < -0,8	Moderadamente negativa
-0,8 < r < -1,0	Altamente negativa
r = 0	Não há correlação

Fonte: Modificado de Ferreira (2014).

A segunda análise consistiu no cálculo do índice de contiguidade espacial de Moran, também conhecido como *I* de Moran. Esse índice é amplamente usado em estudos geográficos e epidemiológicos, pois a partir dele é possível identificar se há ou não dependência geográfica entre eventos (FERREIRA, 2014).

De acordo com Fuenzalida *et al.* (2015), o *I* de Moran compara os valores de cada polígono com os valores dos polígonos vizinhos, permitindo, assim, avaliar se o padrão de distribuição é agrupado (*clustered)*, disperso ou aleatório.

O *I* de Moran é dado pela Equação:

$$I = \frac{n \sum_i (x_i - \bar{x}) \sum_j w_{ij} (x_j - \bar{x})}{(\sum_i \sum_j w_{ij}) \sum_i (x_i - \bar{x})}$$

Eq. 2

Onde:
n = Número de unidade espacial
x_j = Valor de variável na outra localização
$\bar{x}$ = Média das variáveis
w_{ij} = Fator de ponderação que indica a relação de contiguidade entre as unidades espaciais

Semelhante ao coeficiente de correlação de Pearson, o *I* de Moran também varia no intervalo de -1 a +1, com valores próximos a zero indicando ausência de correlação espacial. Os valores positivos indicam autocorrelação espacial positiva, isto é, existência de áreas com valores similares entre vizinhos; já os negativos apresentam autocorrelação negativa, ou seja, existência de áreas com valores diferentes entre os vizinhos (SANTOS; RAIA JUNIOR, 2006; ALMEIDA, 2012; NUNES, 2016).

Optou-se por utilizar uma abordagem alternativa para visualizar a autocorrelação espacial, que consiste no diagrama de dispersão de Moran, também conhecido como diagrama de espelhamento de Moran. Esse diagrama consiste em um gráfico da dispersão da nuvem de pontos representando as regiões, construído com base nos valores normalizados, isto é, valores dos atributos subtraídos de sua média e divididos pelo desvio padrão, divididos em quatro quadrantes distribuídos espacialmente, possibilitando a identificação de associação espacial ou não (SANTOS; RAIA JUNIOR, 2006; ALMEIDA, 2012; NUNES, 2016).

Os quatro quadrantes são divididos em Q1 (alto-alto), Q2 (baixo-baixo), Q3 (alto-baixo) e Q4 (baixo-alto), conforme ilustrado na Figura 2. O Q1 possui valores positivos com médias positivas, enquanto o Q2 possui valores negativos com médias negativas. Tanto o Q1, quanto o Q2, indicam associação espacial, ou seja, uma área possui vizinhos com valores análogos. Já o Q3 possui valores positivos com médias negativas, enquanto Q4 possui valores negativos com médias positivas, ou seja, tanto o Q2, quanto o Q4 indicam associação espacial negativa, uma localização possui vizinhos com valores diferentes (BARCELLOS *et al.*, 2007).

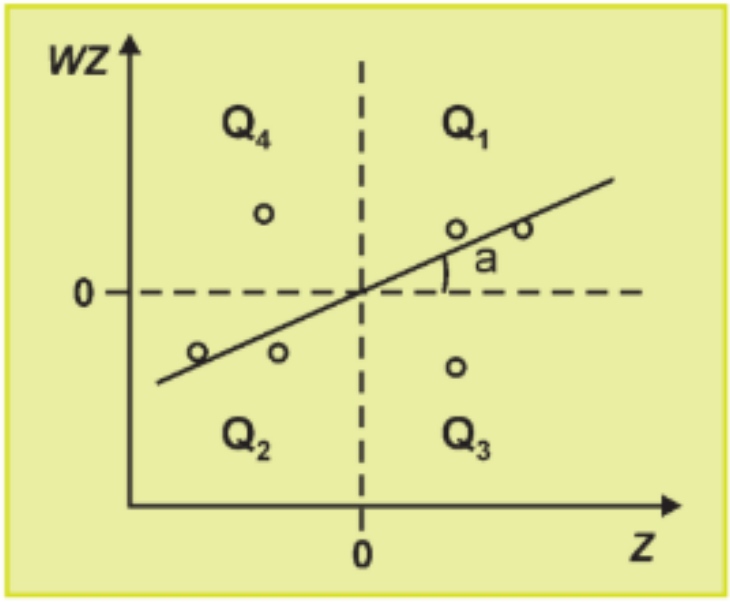

Figura 2 - Diagrama de espelhamento de Moran.
Fonte: Barcellos *et al.* (2007)

Em suma, o *I* de Moran consegue fornecer três importantes informações sobre os casos de dengue: (1) o nível de significância, (2) a concentração espacial e (3) a magnitude estatística (ALMEIDA, 2012). Para a realização desse procedimento, foi utilizado o aplicativo GeoDa 1.6.7, que é um *software* gratuito e *open source* de análises de estatística espacial. Nele, foi possível fazer uma conexão entre banco de dados sem haver a necessidade de exportar tabelas ou arquivos vetoriais.

Por último, foi confeccionado um mapa temático da área de estudo com a taxa de incidência para cada setor censitário. Essa técnica, de acordo com Souza *et al.* (2007), possibilita analisar a gravidade do agravo em termos de risco de adoecer, já que o mapa de taxa de incidência considera o tamanho da população e o número de casos. A taxa de incidência foi, então, calculada para cada uma das áreas de abrangência (OPAS, 2008) da seguinte forma.

$$\left(\frac{nº\ de\ casos}{população}\right) * 100.000$$

Após o cálculo, foi necessário estratificar os valores em cinco classes (0 – sem registros; até 100 – baixa incidência; 100 a 300 – média incidência; 300 a 1000 – alta incidência e; acima de 1000 – altíssima incidência), para uma melhor interpretação (NASCIMENTO; PEDROSO, 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Sazonalidade da dengue em Planaltina – DF

Habitualmente, em estudos que buscam investigar a dinâmica temporal e/ou espacial da dengue, é comum apontar a sazonalidade do surto, cuja maior virulência está presente no verão, em regiões de terra baixa e centros mais populosos (DONALÍSIO, 1999).

Em relação aos casos de dengue, para o ano de 2014, em Planaltina, é possível identificar que a partir de março houve um aumento significativo nos casos, tendo seu pico no mês de maio, que corresponde a 27% de casos, até o mês de junho (Figura 3). A contabilidade desse quadrimestre chega a 72% dos casos para o ano. O padrão de casos acumulados em 2014 segue basicamente a mesma estrutura apresentada por Siqueira (2017), onde foi analisado o acumulado de casos por mês para os anos de 2007 a 2014 no Distrito Federal.

Ao relacionar o gráfico de acumulado de casos por mês com o climograma, é possível identificar que os períodos de maior virulência não estão nos meses mais chuvosos/quentes – de outubro a abril, mas sim no período de transição de chuvoso para seco.

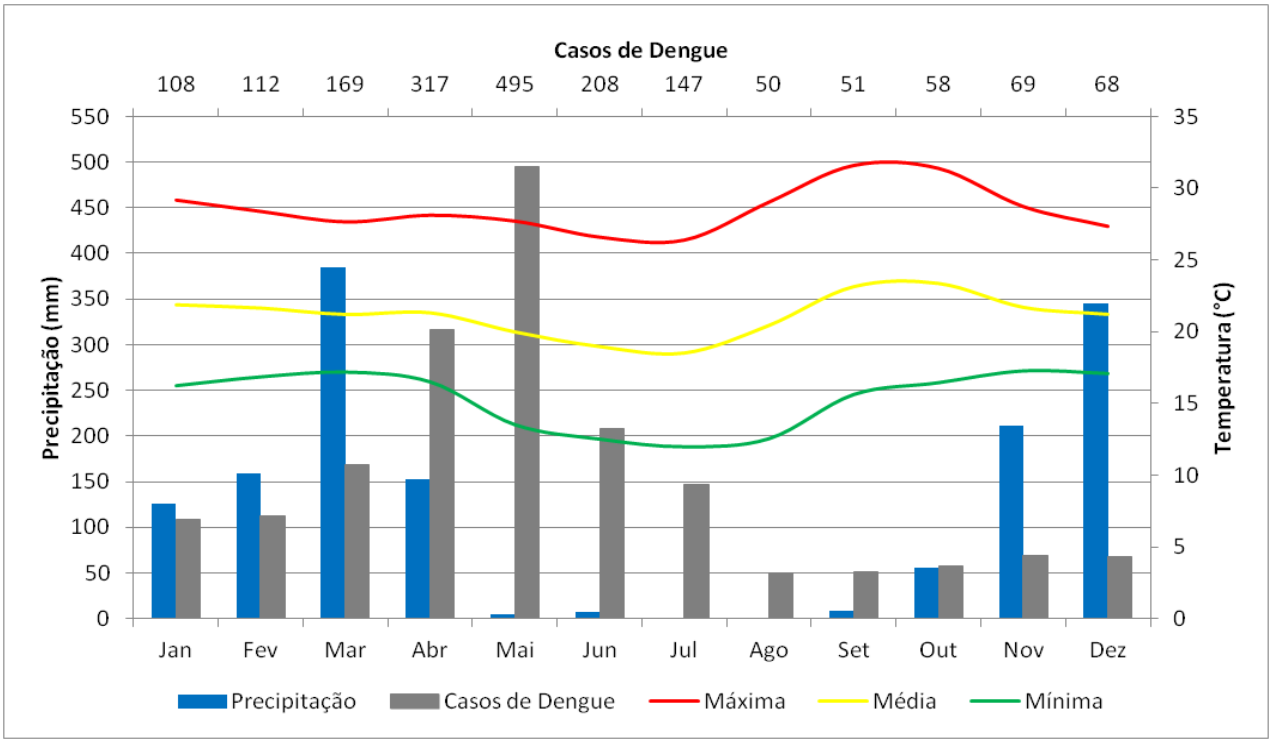

Figura 3 - Gráfico para análise de sazonalidade em Planaltina - 2014.

Essa relação pode ser explicada pelo *time-lag*, que é o tempo resposta entre o desenvolvimento do vetor até a contaminação do indivíduo vulnerável, podendo variar entre 19 a 24 dias, ou seja, tempo de desenvolvimento do vetor, em torno de 10 dias; tempo de infecção e viremia no indivíduo, de 4 a 6 dias; e o período de incubação no indivíduo (período do desenvolvimento do vírus), de 5 a 8 dias (AMARAL; DANSA-PETRETSKI, 2012).

3.2. Indicador de saúde: taxa de incidência de dengue

Segundo Siqueira (2017), o ano de 2014 também é considerado como epidêmico para o Distrito Federal, chegando a 442,31 casos por 100 mil habitantes no Distrito Federal. No caso da RA de Planaltina, a taxa foi de 1.078,79 casos por 100 mil habitantes, número expressivo em comparação a taxa de incidência do Distrito Federal, indicando assim uma região vulnerável e importante na atuação de políticas públicas no combate da doença.

Na tentativa de identificar setores de maior incidência de dengue, foi necessário atribuir os casos georreferenciados aos seus respectivos setores censitários, possibilitando assim identificar áreas e populações vulneráveis a dengue. Planaltina possui 294 setores censitários, identificados pelo Geocódigo 530010805110001 a 530010805110298, tendo um *gap* entre 530010805110293 e 530010805110298. 46 setores estão situados na área rural da RA e 248 estão na área urbana.

Após a espacialização da taxa de incidência por setor censitário (Tabela 2), foi possível identificar uma conglomeração na distribuição da taxa de incidência pelos setores, sobretudo nos urbanos (Figura 4). Assim, 50 setores não apresentaram registros; 1 setor ficou na faixa de até 100

casos por 100 mil habitantes; 28 setores ficaram na faixa de 100 a 300; 85 setores ficaram na faixa de 300 a 1.000; e 124 setores ficaram acima de 1000. Cabe destacar que os 6 setores censitários restantes estão situados em áreas de proteção ambiental.

Tabela 2 - Taxa de incidência de casos de dengue por setor censitário (número de casos para cada 100 mil habitantes).

Código do setor censitário	Tipo de setor censitário	População por setor censitário	Número de casos de dengue	Taxa de incidência
530010805110222	Urbano	467	30	6423.98
530010805110025	Urbano	626	32	5111.82
530010805110058	Urbano	492	24	4878.05
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
530010805110290	Rural	299	00	00
530010805110184	Rural	493	00	00
530010805110187	Rural	347	00	00

Fonte: SES-DF, IBGE, 2010.

Boa parte dos setores que não apresentara registros está situada na zona rural de Planaltina, indicando que a doença ainda persiste na área urbana devido às condições criadas para o desenvolvimento do vetor e sua dispersão, decorrente do processo de urbanização desordenado (TAUIL, 2001).

Entretanto, 8 setores situados na área rural apresentaram taxa de incidência nas faixas de 300 a 1000 e acima de 1000, áreas de média à altíssima incidência de dengue, respectivamente. Essas áreas correspondem a regiões de expansão urbana de Planaltina, onde estão situadas ao redor do centro urbano consolidado. Somente o setor 530010805110205, correspondente ao núcleo rural São José, apresentou a maior taxa de incidência desse grupo, 2.087,68 casos por 100 mil habitantes, mesmo sendo o mais distante do centro urbano.

Os setores que apresentaram uma taxa de incidência acima de 1000 casos por 100 mil habitantes estão concentrados na área urbana e correspondem a parcelas dos setores habitacionais Arapoanga, Residencial Leste, Tradicional, Vila Vicentina, Mestre D'armas, Residencial Oeste, Residencial Norte, Aprodarmas e Vale do Amanhecer.

Esses setores habitacionais foram incorporados à malha urbana de Planaltina ao longo dos anos, devido ao crescimento populacional decorrente do seu desenvolvimento como cidade. Com isso, houve uma urbanização não planejada e um adensamento populacional na área urbana, condições ideais para o desenvolvimento de epidemias e a manutenção da doença na região.

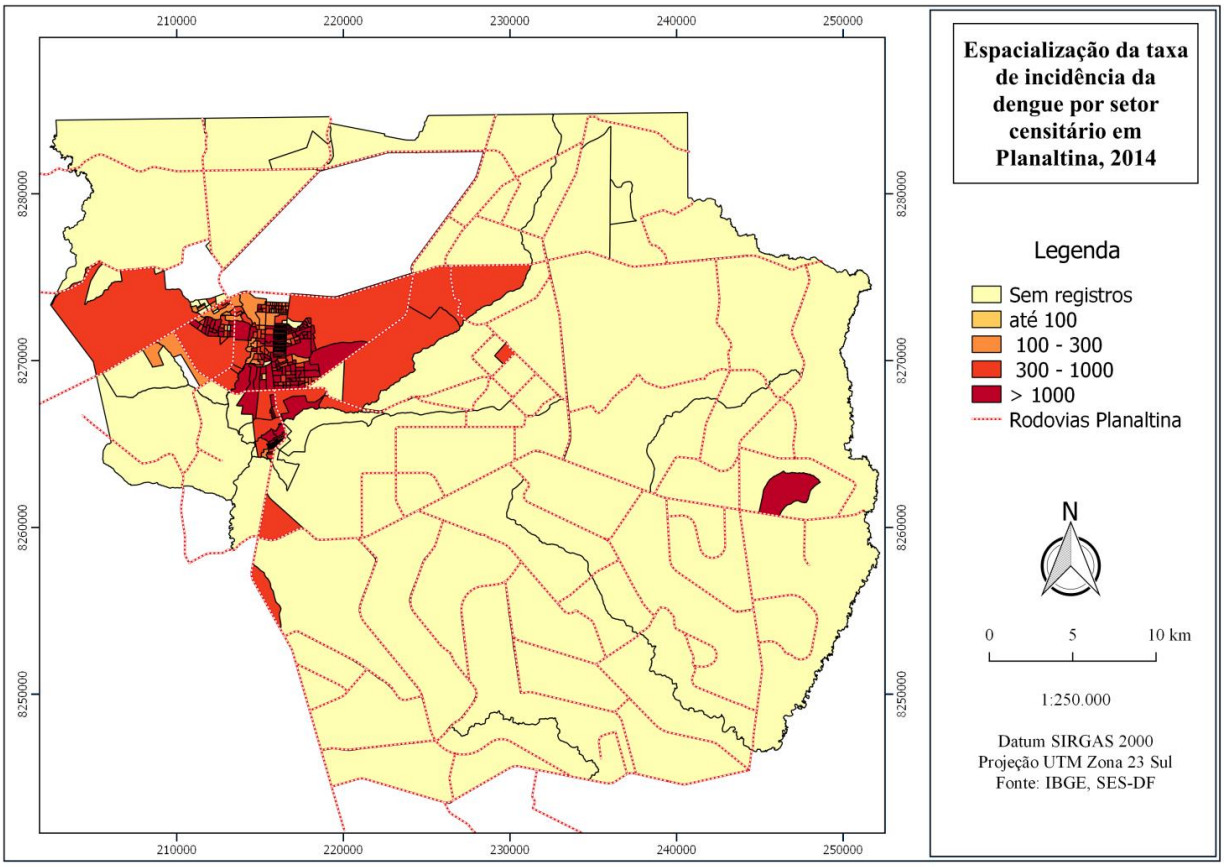

Figura 4 - Espacialização da taxa de incidência de dengue.

3.3. Correlação dos casos de dengue com os indicadores socioambientais

A Tabela 3 apresenta o resultado do coeficiente de correlação de Pearson entre os casos de dengue do ano de 2014 e as variáveis socioambientais referentes ao Censo Demográfico 2010.

Tabela 3 - Coeficiente de correlação de Pearson (r) das variáveis socioambientais e dengue em Planaltina.

Variáveis socioambientais	Coeficiente de Pearson (*r*)
Domicílio Particular Permanente sem coleta de lixo (DSCL)	-0,28
Domicílio Particular Permanente sem abastecimento de água (DSAA)	-0,29
Pessoas responsáveis com rendimento nominal até 3 salários mínimos (PRR3)	0,48
Pessoas responsáveis com rendimento nominal de 3 a 10 salários mínimos (PRR3-10)	0,09
Pessoas responsáveis com rendimento nominal acima de 10 salários mínimos (PRR10)	-0,08

Ao analisar os valores do coeficiente Pearson para as variáveis DSCL e DSAA, ambas resultaram em um valor de correlação fracamente negativo, -0,28 e -0,29, respectivamente. Tendo em vista que a grande maioria dos setores censitários que teve casos de dengue está situada na área urbana, essa correlação negativa evidência que a ocorrência predominante está situada na área urbana, onde, mesmo com coleta de lixo e abastecimento de água, a presença do agravo persiste.

Entretanto, cabe ressaltar que mesmo com essa correlação fracamente negativa, não deve ser ignorado que o estilo de consumo presente na sociedade, cuja necessidade de produzir e consumir quantidade considerável de matérias descartáveis não degradáveis, tende a favorecer o desenvolvimento do vetor, tanto dentro das residências, quanto nas suas proximidades (CALLEGARO *et al.*, 2017).

Em relação às variáveis referentes à renda salarial, é provável que a ocorrência de dengue seja mantida em áreas mais pobres, pois o índice de correlação para a variável PRR3 foi moderadamente positiva (0,48), diferente da PRR3-10, onde o valor se aproximou de 0, e a variável PPR10, onde, mesmo próximo de zero, o seu valor foi negativo, ou seja, uma correlação inversa, onde pessoas com maior poder aquisitivo correm menos risco de contaminação.

Dessa maneira, a não correlação da dengue com pessoas em faixas de renda salarial maiores pode estar vinculada ao tipo de habitação, tendo em vista que pessoas com renda elevada geralmente moram em áreas com acesso a melhores infraestruturas urbanas e condições de saneamento básico (ALMEIDA, 2017).

3.4. Análise da autocorrelação espacial: I de Moran

A partir do diagrama de espelhamento (Figura 5A) é possível visualizar que a reta presente no gráfico possui uma angulação positiva, pelo fato de o valor resultante do *I* de Moran ser 0,418, indicando que os dados de casos de dengue para a RA de Planaltina estão correlacionados espacialmente. Porém, foi necessário realizar um teste de pseudossignificância para rejeitar a hipótese nula de aleatoriedade espacial.

Ao testar a pseudossignificância empírica, baseada em 999 permutações aleatórias (Figura 5B), foram obtidas duas importantes informações: 1ª) o *p-value* de 0,001, que é inferior ao nível de significância de 0,05; e 2ª) valores estão situados à direita da linha verde, que é o valor da estatística real. Assim, afirma-se que há uma correlação espacial positiva entre a distribuição espacial dos setores censitários com ocorrência de dengue e rejeita-se a hipótese nula.

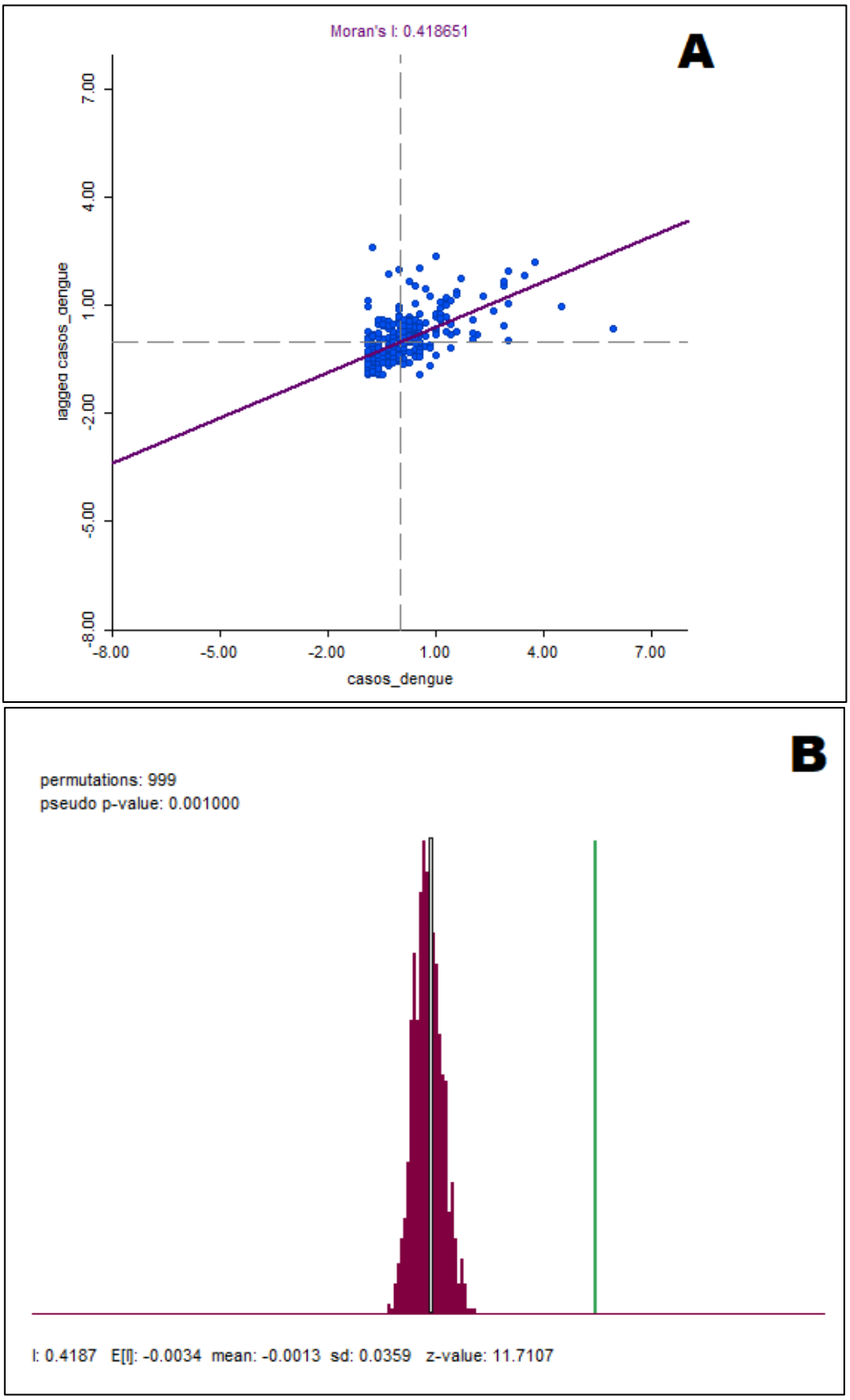

Figura 5 - Diagrama de espelhamento do I de Moran (A) e Distribuição da pseudossignificância para o I de Moran (B).

A partir dos quadrantes, Q1 (alto-alto), Q2 (baixo-baixo), Q3 (alto-baixo) e Q4 (baixo-alto), é possível identificar *clusters* de setores com correlações positivas de casos de dengue, ou seja, que apresentaram valores altos ou baixos de casos de dengue, juntamente com suas vizinhanças (Figura 6).

Assim, no Q1 foram identificados 85 setores censitários, todos situados nas áreas urbanas de Planaltina. O Q1 apresentou dois *outliers*, setores censitários 530010805110024 e 530010805110111, que se distanciam significativamente da nuvem de pontos, tendo uma distância de 4,46 e 5,91 desvios padrão, respectivamente.

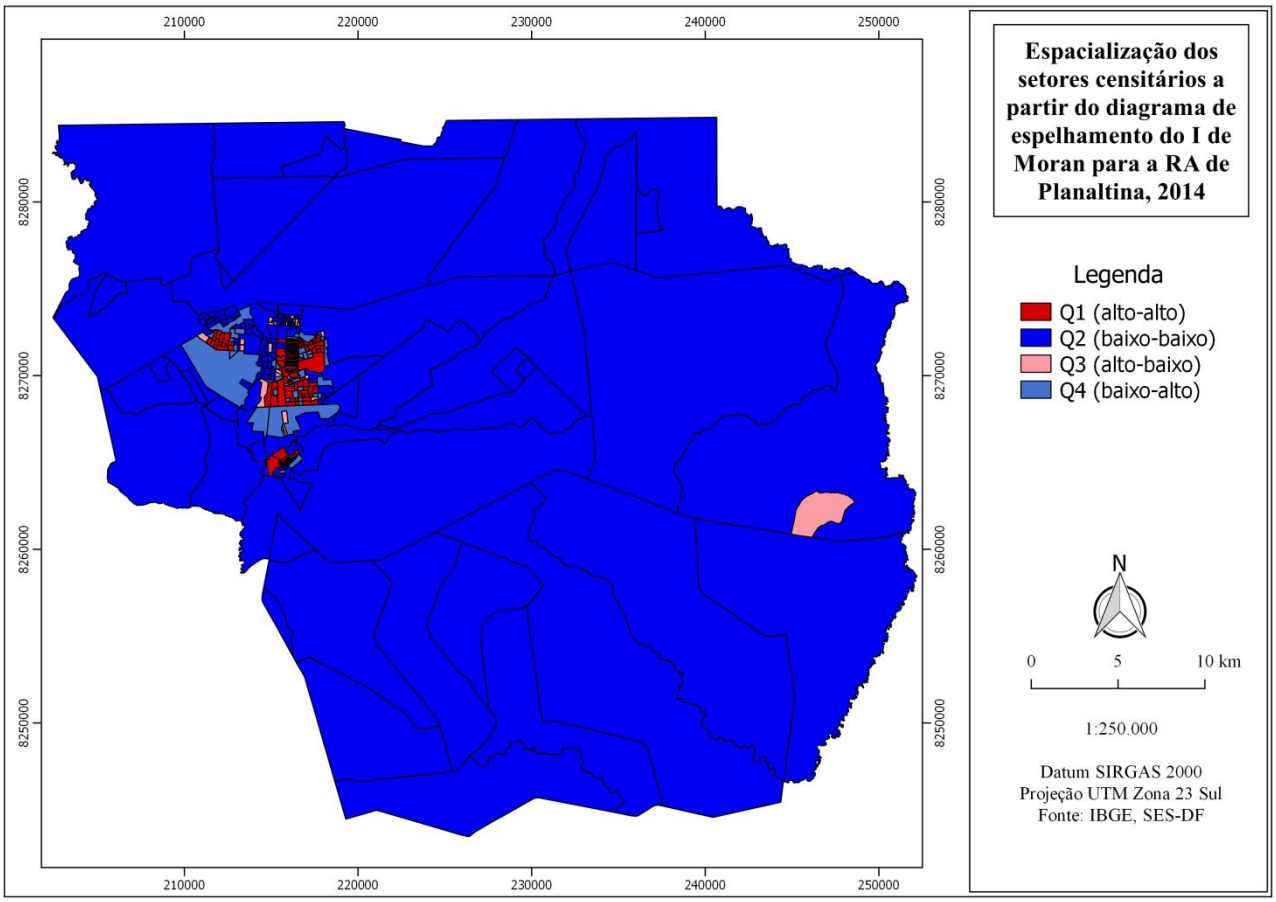

Figura 6 - Espacialização dos setores censitários a partir do diagrama de espelhamento do I de Moran.

Ao fazer uma análise mais detalhada desses dois setores, foi possível identificar que no setor 530010805110111, boa parte dos seus moradores recebe até 3 salários mínimos (PRR3), o que corrobora a ligação entre dengue e áreas com piores condições socioeconômicas e infraestrutura inadequada, derivadas de uma urbanização sem planejamento e controle (GUBLER, 1998; CATÃO *et al.*, 2009).

No quadrante Q2 (baixo-baixo) foram identificados 136 setores que correspondem tanto à área urbana, quanto à rural. Na área rural foram identificados 45 setores, de um total de 46 setores censitários rurais. Esse fator pode ser explicado devido à dinâmica existente na zona rural de

Planaltina, em que boa parte dela é dedicada à agricultura intensiva de grãos com grandes propriedades rurais e poucos núcleos rurais familiares, dificultando assim a continuação do vetor e, por consequência, um número expressivo de casos.

Porém, no quadrante Q3 (alto-baixo), o setor 530010805110205, localizado no núcleo rural São José, se destacou por ter apresentado um elevado número de casos de dengue em relação aos seus vizinhos. Esse setor, já citado anteriormente, é uma das únicas áreas rurais, que, mesmo distante do núcleo urbano de Planaltina, mostrou um elevado risco de contaminação, devido à taxa de incidência ser acima de 1000 casos por 100 mil habitantes.

A presença de casos de dengue nessa região contrapõe a ideia de que a dengue é uma doença quase exclusiva das áreas urbanas (SIQUEIRA *et al.*, 2017), haja vista que os casos aqui estudados são notificações registradas pela SESDF e podem, na realidade, ser superiores aos dados oficiais, tanto no núcleo rural, quanto no urbano, já que não são todas as pessoas que procuram uma unidade de saúde após apresentar os sintomas, devido à sua semelhança com os da gripe comum.

Já o quadrante Q4 resultou em 48 setores censitários da área urbana, devido ao seu baixo registro de casos de dengue em relação aos seus vizinhos. Com o diagrama de espelhamento, foi possível identificar que o setor 530010805110245 é tido como um *outlier*, já que apresentou uma baixíssima quantidade de casos em relação aos seus vizinhos.

Assim, os setores situados nos quadrantes Q3 e Q4 podem ser considerados nesse estudo como áreas de transição, podendo ser associados a duas hipóteses: 1ª - são áreas consideradas como vulneráveis à dengue, onde há pessoas que não foram infectadas com o sorotipo circulante; e/ou 2ª - os moradores desses setores já foram contaminados em um momento anterior a 2014 e possuem imunidade ao sorotipo em circulação.

4. CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que, para compreender a complexa dinâmica da dengue, é necessário utilizar diferentes técnicas e variáveis socioambientais, além da própria dimensão espacial e escalar. Com isso, foi possível identificar que a análise da dengue em Planaltina ora convergia com a literatura, ora divergia.

O ano de 2014 foi um ano epidêmico no Distrito Federal, o que se refletiu em Planaltina, atingindo, nesta RA, uma taxa de incidência de 1.078,97 casos por 100 mil habitantes. A maior ocorrência de casos de dengue aconteceu no mês de maio, que corresponde a 27% dos casos para o ano estudado. O padrão do quadrimestre epidêmico apresentado em Planaltina é o mesmo analisado por outros autores que estudaram a distribuição da dengue no Distrito Federal.

A taxa de incidência analisada por setor censitário mostrou-se alta em boa parte dos setores pertencentes à área urbana, porém, algumas áreas rurais também contaram com valores elevados de

taxa de incidência, sendo alguns próximos do núcleo urbano e outra distante, contrapondo a ideia de que a dengue é uma doença quase que exclusiva da área urbana.

A correlação de Pearson mostrou-se uma ferramenta importante na análise das variáveis socioambientais, apontando correlações positivas à variável PRR3 (pessoa responsável com rendimento nominal mensal de até 3 salários mínimos) e negativas às variáveis DSCL (domicílio particular permanente sem coleta de lixo) e DSAA (domicílio particular permanente sem abastecimento de água). A utilização tanto do valor do I de Moran, quanto do seu diagrama de espalhamento foi fundamental para analisar a distribuição espacial da dengue na área de estudo, indicando que áreas de alto-alto estão presentes no núcleo urbano e as áreas de baixo-baixo na área rural.

A utilização de um sistema de gerenciamento de banco de dados objeto-relacional atrelado ao SIG foi de extrema importância, pois facilitou o manuseio de acesso a dados e utilização das técnicas de geoprocessamento e análise espacial, sendo um robusto conjunto de ferramentas de combate à dengue e gestão da saúde pública.

No atual cenário de saúde pública nacional, trabalhos que abordam a distribuição espacial de agravos de dengue tornam-se cada vez mais importantes, pelo fato de seu principal vetor de transmissão, o *Aedes Aegypti*, ser também o responsável pela Chicungunha e o Zika vírus, que se tornaram evidentes nos últimos anos, principalmente pelos problemas de saúde pública ocasionados no país.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. A. P. Análise geoespacial dos casos de dengue e sua relação com fatores socioambientais em Bayeux – PB. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 13, n. 26, p. 71-86, 2017.

AMARAL, R. J. V.; DANSA-PETRETSKI, M. Interação patógeno-vetor: Dengue. In: SILVA-NETO, M. A. C.; WINTER, C.; TERMIGNONI, C. (Orgs.). **Tópicos Avançados em Entomologia Molecular**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Entomologia Molecular, 2012. cap. 14, p. 1-35.

BARCELLOS, C.; SILVA, A. S.; ANDRADE, A. L. S. S. Análise de Dados em Forma de Pontos. In.: Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. **Introdução à Estatística Espacial para Saúde Pública**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007, 120p.

BESSA JUNIOR, F. N.; NUNES, R. F. F.; SOUZA, M. A.; MEDEIROS, A. C.; MARINHO, M. J. M.; PEREIRA, W. O. Distribuição espacial da dengue no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, utilizando o Sistema de Informação Geográfica. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. São Paulo, v. 16, n. 3, p. 603-610, 2013.

BHATT, S.; GETHING, P. W.; BRADY, O. J.; MESSINA, J. P.; FARLOW, A. W.; MOYES, C. L.; DRAKE, J. M.; BROWNSTEIN, J. S.; HOEN, A. G.; SANKOH, O.; MYERS, M. F.; GEORGE, D. B.; JAENISCH, T.; WINT, G. R. W.; SIMMONS, C. P.; SCOTT, T. W.; FARRAR, J. J.; HAY, S. I. The global distribution and burden of dengue. **Nature**. v. 496, p. 504-507, 2013.

CALLEGARO, K.; BATTISTI, I. D. E.; DAROIT, D. J. Aspectos epidemiológicos da dengue autóctone na fronteira noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil, no período de 2007 a 2015 1. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 24, n. 13, p. 54-69, 2017.

CATÃO, R. C.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, T. R. A. Análise da distribuição do dengue no Distrito Federal. **Espaço & Geografia**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 81-103, 2009.

CATÃO, R. C. **Dengue no Brasil**: abordagem geográfica na escala nacional. 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012. 178p.

CARVALHO, R. M.; NASCIMENTO, L. F. C. Space-time description of dengue outbreaks in Cruzeiro, São Paulo, in 2006 and 2011. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 60, n. 6, p. 565-570, 2014.

CORDEIRO M. T. **Evolução da dengue no Estado de Pernambuco, 1987-2006:** epidemiologia e caracterização molecular dos sorotipos circulantes. 2008. 25 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Centro de pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2008.

DISTRITO FEDERAL. Governo do Distrito Federal. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios**: PDAD - 2015. Brasília, 2015. 55 p. Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/PDAD-Planaltina-1.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2018.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Saúde - DF. Subsecretaria de Vigilância à Saúde. **Informativo Epidemiológico Dengue, Chikungunya, Zika e Febre Amarela**. 2018a. Ano 13, nº 52, dezembro de 2018. 6p. Disponível em: <http://www.saude.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2018/04/Informativo-n%C2%BA-52-2018.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2019.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Saúde - DF. Subsecretaria de Vigilância à Saúde. **Informativo Epidemiológico Dengue, Chikungunya e Zika**. 2018b. Ano 13, nº 01, janeiro de 2018. 10p. Disponível em: <http://www.saude.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2018/04/Informativo_n_01_2018.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2019.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Saúde do DF. Subsecretaria de Vigilância à Saúde. **Informativo Epidemiológico Dengue, Chikungunya e Zika**. 2017. Ano 12, nº 01, janeiro de 2017. 11p. Disponível em: <http://www.saude.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2018/08/Informativo_n._01.2017.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2019.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Saúde. Subsecretaria de Vigilância à Saúde. **Informativo Epidemiológico Dengue, Chikungunya e Zika**. 2016. Ano 11, nº 01, janeiro de 2016. 10p. Disponível em: <http://www.saude.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2018/08/Informativo_n_01_2016.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2019.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Saúde. Subsecretaria de Vigilância à Saúde. **Informativo Epidemiológico de Dengue**. 2014a. Ano 9 Nº 47, dezembro de 2014. 6p. Disponível em: <http://www.saude.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2018/08/Informativo_n_47.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2019.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Saúde. Subsecretaria de Vigilância à Saúde. **Resumo Epidemiológico da Dengue no Distrito Federal em 2013**. 2014b. Ano 9, nº 01, janeiro de 2014. 6p. Disponível em: <http://www.saude.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2018/08 /Resumo_dengue__2013.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2019.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Saúde. Subsecretaria de Vigilância à Saúde. **Informativo Epidemiológico de Dengue**. 2013. Ano 08 Nº 1, janeiro de 2013. 6p. Disponível em: <http://www.saude.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2018/08/Informe_n_1-2013-sobre-situacaoao-de-dengue-no-DF.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2019.

DONALÍSIO, M. R. **O dengue no espaço habitado.** 1. ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 195p.

FERREIRA, K. R.; CASANOVA, M. A.; QUEIROZ, G. R.; OLIVEIRA, O. F. Arquiteturas e Linguagens. In: CASANOVA M.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R.; CÂMARA, G. (Orgs.) **Banco de Dados Geográficos**. Curitiba: MundoGeo, 2005. p. 181-209.

FERREIRA, M. C. **Iniciação à análise geoespacial**. 1. ed. São Paulo, Editora UNESP, 2014. 344p.

FUENZALIDA, M.; BUZAI G. D.; LEÓN, A. G. **Geografía, Geotecnología y Análisis Espacial**: Tendencias, métodos y aplicaciones. 1. ed. Santiago de Chile: Editorial Triángulo, 2015. 214p.

GLASSER, C. M.; GOMES, A. C. Clima e sobreposição da distribuição de Aedes aegypti e Aedes albopictus na infestação do Estado de São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 2, p.166-172, 2002.

GOMES, A. C. Medidas dos níveis de infestação urbana para Aedes (Stegomyia) aegypti e Aedes (Stegomyia) albopictus em programa de vigilância entomológica. **Informe Epidemiológico do SUS**, Brasília, v. 3, n. 7, p. 49-57, 1998.

GUBLER, D. J. Dengue Viruses: Their Evolution, History and Emergence as a Global Public Health Problem. In: GUBLER, D. J.; OOI, E.E.; VASUDEVAN, S.; FARRAR, J. **Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever,** Wallingford: Cabi, 2014. Cap. 1, p. 1-30.

GUBLER, D. J. Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. **Clinical Microbiology Reviews**, Philadelphia, v. 3, n. 11, p. 480-96, 1998.

HONÓRIO, N. A.; CASTRO, M. G.; BARROS, F. S. M.; MAGALHÃES, M. A. F. M.; SABROZA, P. C. The spatial distribution of Aedes aegypti and Aedes albopictus in a transition zone, Rio de Janeiro, Brazil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 6, p. 1203-1214, 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 01 jan. 2019.

MATA, W. C. **A produção do espaço urbano no Distrito Federal**: da construção de Brasília à expansão urbana de Planaltina/DF - o viés histórico-social. 2014. 59 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

MINN, M. **MMQGIS.** 2018. Disponível em: <http://michaelminn.com/linux/mmqgis/>. Acesso em: 13 nov. 2018.

NASCIMENTO, F. H.; PEDROSO, L. B. Análise e espacialização da incidência de dengue na Microrregião Geográfica de Anápolis-Go, Período De 2010-2016. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 13, n. 25, p. 107-120, 2017.

NUNES, F. G. Análise exploratória espacial de indicadores de desenvolvimento socioambiental das regiões de planejamento do Norte e Nordeste Goiano. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 1, n. 7, p.237-259, 2013.

OBE, R. O.; HSU, L. S. PostGIS in Action. **GeoInformatics**, Emmeloord, v. 14, n. 8, p. 30-33, 2011.

PAVIANI, A. Geografia urbana do Distrito Federal: evolução e tendências. **Revista Espaço e Geografia**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 1-22, 2007.
QUEIROZ, G. R.; FERREIRA, K. R. SGBD com extensões espaciais. In: CASANOVA M.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R.; CÂMARA, G. (Orgs.). **Banco de Dados Geográficos**. Curitiba: MundoGeo, 2005, p. 281-316.

SANTOS, L.; RAIA JUNIOR, A. A. Análise Espacial de Dados Geográficos: A Utilização da Exploratory Spatial Data Analysis– ESDA para Identificação de Áreas Críticas de Acidentes de Trânsito no Município de São Carlos (SP). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 35, n. 18, p.97-107, 2006.

SIQUEIRA, R. V. **Relações entre a dinâmica ambiental e a dengue no Distrito Federal, Brasil**. 2016. 104 f. Monografia (Graduação) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SIQUEIRA, R. V.; GURGEL, H. C.; SILVEIRA, B. D.; RAMALHO, W. M. Relações entre a dinâmica ambiental e a dengue no Distrito Federal, Brasil. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 13, n. 26, p. 226-243, 2017.

TAUIL, P. L. Urbanização e ecologia do dengue. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, vol. 17, n. l, p. 99-102, 2001.

Trabalho enviado em 14/02/2019
Trabalho aceito em 17/06/2019