



**LEILA MARIA FERREIRA**

**MAPEAMENTO DOS CASOS DE DENGUE NA  
CIDADE DE LAVRAS - MG, NO PERÍODO DE 2007 -  
2010**

**LAVRAS - MG**

**2012**

**LEILA MARIA FERREIRA**

**MAPEAMENTO DOS CASOS DE DENGUE NA CIDADE DE LAVRAS -  
MG, NO PERÍODO DE 2007 - 2010**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas, área de concentração em Modelagem de Sistemas Biológicos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Thelma Sáfydi

Co-orientador

Dr. Renato Ribeiro de Lima

**LAVRAS - MG**

**2012**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Ferreira, Leila Maria

Mapeamento dos casos de dengue na cidade de Lavras-MG, no período de 2007 - 2010 / Leila Maria Ferreira. – Lavras: UFLA, 2012.

82p. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Thelma Sáfyadi.

Bibliografia.

1. *Aedes aegypti*. 2. Epidemiologia. 3. Estatística Espacial. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título

CDD – 526.982

**LEILA MARIA FERREIRA**

**MAPEAMENTO DOS CASOS DE DENGUE NA  
CIDADE DE LAVRAS - MG, NO PERÍODO DE 2007 -  
2010**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Sistemas, área de concentração em Modelagem de Sistemas Biológicos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 30 de março de 2012.

Prof. Dr. Denismar Alves Nogueira - UNIFAL-MG

Prof. Dr. João Domingos Scalon - UFLA

Prof. Dr. Renato Ribeiro de Lima - UFLA

Thelma Sáfadi

Orientadora

**LAVRAS - MG**

**2012**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, meu apoio, refúgio, consolador e razão da minha força para prosseguir até o fim, mesmo com todas as dificuldades encontradas no meio do caminho.

Aos meus pais, João Batista Ferreira e Francisca Borges Ferreira, pela dedicação e incentivo para continuar nos estudos.

Ao meu irmão Samuel Lino Ferreira pelo incentivo e principalmente ao meu irmão Juliano Lino Ferreira, responsável por sempre me incentivar a continuar seguindo em frente, mesmo quando tudo dava errado.

Aos colegas de mestrado da Engenharia de Sistemas e da Estatística e Experimentação Agropecuária, grandes amigos nos momentos difíceis e de descontração.

Aos professores envolvidos no trabalho, Professora Iraziet da Cunha Charret, Professora Thelma Sáfadi e Professor Renato Ribeiro de Lima.

Em especial aos amigos do Grupo Dengue, Carolina, Stella, Rosana, Crystian, Sylvestre e Renato, grandes companheiros durante o desenvolvimento do trabalho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Engenharia pela oportunidade de realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo financiamento da bolsa de estudos.

À Secretaria de Saúde, ao 8º Batalhão de Polícia Militar e à MDA pesquisas pelo fornecimento dos dados, fundamentais para as análises do trabalho.

Aos professores e funcionários dos Departamentos de Engenharia e Ciências Exatas.

*Nunca deixe que lhe digam:  
Que não vale a pena  
Acreditar no sonho que se tem  
Ou que seus planos  
Nunca vão dar certo  
Ou que você nunca  
Vai ser alguém...*

*Tem gente que machuca os outros  
Tem gente que não sabe amar  
Mas eu sei que um dia  
A gente aprende  
Se você quiser alguém  
Em quem confiar  
Confie em si mesmo!...*

*Quem acredita  
Sempre alcança...*

*(Renato Russo e Flávio Venturini)*

## RESUMO

A dengue é uma doença que vem se tornando um sério problema de Saúde Pública nos últimos anos. A pessoa doente pode apresentar sintomas leves da doença ou a forma mais grave, que é a dengue hemorrágica, que em alguns casos pode levar o paciente ao óbito. É a mais importante arbovirose que afeta o homem. Estima-se que 2,5 bilhões de pessoas estão em risco de contrair a doença, podendo haver 50 milhões de infecções de dengue em todo o mundo a cada ano. Segundo a Secretaria de Saúde de Lavras, até o ano de 2006 só havia registro de casos importados da doença. A partir de 2007 apareceram os primeiros casos confirmados na cidade. O objetivo deste trabalho foi empregar técnicas estatísticas na análise espacial e espaço-temporal do número de casos de dengue na cidade de Lavras - MG, no período de 2007 à 2010. Nesse período foram notificados 1236 casos, sendo avaliados 91 bairros da cidade. O ano de 2010 apresentou o maior registro de casos, chegando a 714. Neste contexto, no programa TerraView foram gerados os mapas temáticos, mapas de incidência, e o cálculo dos índices global e local de Moran. A análise espacial e espaço-temporal foram obtidas utilizando o programa SaTScan. Os resultados obtidos em cada análise identificaram as áreas de maior risco de surto epidêmico, sendo dentre os bairros analisados, Água Limpa e Jardim Glória os que apareceram mais frequentemente. Assim, os bairros identificados nas análises merecem mais atenção dos agentes comunitários de saúde no combate ao vetor, reforçando as campanhas de conscientização da população e a eliminação dos criadouros.

Palavras-chave: *Aedes aegypti*. Epidemiologia. Estatística espacial.

## ABSTRACT

Dengue is a disease that is becoming a serious public health problem in recent years. The sick person may have mild symptoms of the disease or the most severe form, dengue hemorrhagic fever that is, which in some cases may lead the patient to death. It is the most important arboviral disease affecting humans. It is estimated that 2.5 billion people are at risk of contracting the disease, there may be 50 million dengue infections worldwide every year. According to the Health Department of Lavras, by the year 2006 there were only reported imported cases of the disease. From 2007 it appeared the first confirmed cases in the city. The objective of this study was to use statistical techniques, comprising both, spatial and spatio-temporal analyses of the number of dengue cases in Lavras - MG, in the period 2007 to 2010. During this period, 1236 cases were reported, taking in to consideration 91 local neighborhoods. The year 2010 had the highest cases record, reaching 714. In this connection, the TerraView software generated thematic maps, maps of incidence, and estimation of indices of global and local Moran. Whereas, the spatial analysis and spatio-temporal were obtained with the aid of SaTScan software. The results obtained in each analysis identified the areas most at risk of outbreak, highlighting among the neighborhoods analyzed, Água Limpa and Jardim Glória who appeared more frequently. Thus, these city neighborhoods identified in the analysis deserve more attention from community health workers to combat the vector, strengthening the public awareness campaigns and also the elimination of breeding sites.

Keywords: *Aedes aegypti*. Epidemiology. Spatial statistics.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fases do desenvolvimento do mosquito <i>Aedes aegypti</i> . . . . .	18
Figura 2	Ciclo de infecção no mosquito e no homem . . . . .	19
Figura 3	Distribuição geográfica dos países em risco de dengue . . . . .	25
Figura 4	Exemplo de distribuição simulada para o índice de Moran . . . . .	35
Figura 5	Matriz de proximidade espacial de primeira ordem, normalizada pelas linhas . . . . .	36
Figura 6	Incidência acumulada de dengue em Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, 1996 a 2004 . . . . .	39
Figura 7	Movimento de varredura da janela circular . . . . .	42
Figura 8	Exemplo hipotético da varredura espaço-temporal do método Scan . . . . .	44
Figura 9	Localização de Lavras . . . . .	46
Figura 10	Número de casos de dengue na cidade de Lavras no período de 2007 a 2010 . . . . .	49
Figura 11	Casos de dengue nos anos de (a) 2007; (b) 2008; (c) 2009; (d) 2010 . . . . .	50
Figura 12	Incidência da dengue nos anos de (a) 2007; (b) 2008; (c) 2009; (d) 2010 . . . . .	52
Figura 13	Bairros com dependência espacial nos anos de (a) 2007; (b) 2008; (c) 2010 . . . . .	54
Figura 14	Análise espacial dos anos de (a) 2007; (b) 2008; (c) 2010 . . . . .	57
Figura 15	Análise espaço-tempo dos anos de 2007 a 2010 . . . . .	59
Figura 16	Identificação dos bairros da cidade de Lavras . . . . .	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores do índice global de Moran ( $I$ ) . . . . .	53
Tabela 2	Valores da análise espacial . . . . .	56
Tabela 3	Valores da análise espaço-tempo . . . . .	58
Tabela 4	Bairros da cidade de Lavras . . . . .	68
Tabela 5	Dados referentes ao ano de 2007 . . . . .	72
Tabela 6	Dados referentes ao ano de 2008 . . . . .	73
Tabela 7	Dados referentes ao ano de 2009 . . . . .	73
Tabela 8	Dados referentes ao ano de 2010 . . . . .	74
Tabela 9	Índice local de Moran . . . . .	77
Tabela 10	Valores-p do índice local de Moran . . . . .	80

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO . . . . .</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>O mosquito transmissor da dengue . . . . .</b>	<b>14</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Ciclo de transmissão . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Formas de apresentação dos sintomas . . . . .</b>	<b>19</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Infecção inaparente . . . . .</b>	<b>19</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Dengue clássica . . . . .</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Dengue hemorrágica . . . . .</b>	<b>20</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Síndrome de choque da dengue . . . . .</b>	<b>20</b>
<b>2.3</b>	<b>Dengue na cidade de Lavras - MG . . . . .</b>	<b>21</b>
<b>2.4</b>	<b>Epidemiologia . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Definição de epidemiologia . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Padrões epidemiológicos da dengue . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>2.5</b>	<b>Geoprocessamento . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Descrição geral de sistemas de informação geográfica . . . . .</b>	<b>26</b>
<b>2.5.2</b>	<b>O uso de SIGs na saúde . . . . .</b>	<b>29</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Principais características de SIGs . . . . .</b>	<b>29</b>
<b>2.6</b>	<b>Estatística espacial . . . . .</b>	<b>30</b>
<b>2.6.1</b>	<b>Características da estatística espacial . . . . .</b>	<b>31</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Tipos de dados em análise espacial . . . . .</b>	<b>31</b>
<b>2.6.2.1</b>	<b>Dados de área . . . . .</b>	<b>32</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Índice global de Moran (<i>I</i>) . . . . .</b>	<b>34</b>

2.6.3.1	Matriz de proximidade espacial . . . . .	35
2.6.4	Índice local de Moran . . . . .	37
2.7	Mapeamento de doenças . . . . .	38
2.8	Estatística de varredura espacial . . . . .	39
2.8.1	Características da estatística de varredura espacial . . . . .	41
2.8.2	Interação espaço-temporal . . . . .	43
2.8.3	Varredura espaço-temporal . . . . .	44
3	MATERIAIS E MÉTODOS . . . . .	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO . . . . .	49
4.1	Mapas temáticos . . . . .	50
4.2	Mapas de incidência . . . . .	51
4.3	Índice global de Moran ( <i>I</i> ) . . . . .	52
4.4	Índice local de Moran . . . . .	53
4.5	Mapas da análise de varredura espacial . . . . .	56
4.6	Mapa da análise de varredura espaço-temporal . . . . .	58
5	CONCLUSÃO . . . . .	60
	REFERÊNCIAS . . . . .	61
	ANEXOS . . . . .	67
	APÊNDICES . . . . .	76

## 1 INTRODUÇÃO

A dengue é uma doença infecciosa, que atinge países de clima tropical e subtropical. Nos últimos anos vem sendo considerada como um sério problema de Saúde Pública, devido ao aumento alarmante de registro de casos confirmados em todo o mundo. Em algumas situações, o indivíduo infectado pode desenvolver os sintomas da dengue hemorrágica, que corresponde ao estágio grave da doença, podendo levar a morte.

Uma das causas apontadas como responsáveis pela magnitude da doença está diretamente relacionada ao crescimento desenfreado das cidades, acompanhado pela falta de conscientização da população na eliminação dos criadouros do mosquito, que pode ser qualquer tipo de recipiente que acumule água das chuvas. Devido a esse fator, há proliferação do mosquito transmissor da dengue, principalmente na época do verão.

Segundo o Ministério da Saúde (2012a), foram registrados 721.546 casos de dengue no Brasil, até a semana epidemiológica 39 de 25/09 a 01/10 de 2011. A Região Sudeste tem o maior número de casos (343.731 casos; 47,6%), seguida da Região Nordeste (184.663 casos; 25,6%), Norte (113.638 casos; 15,7%), Centro-Oeste (44.552 casos; 6,2%) e Sul (34.962 casos; 4,8%). Estima-se que 54,5% (392.696) dos casos do país concentram-se em quatro estados: Rio de Janeiro (155.771; 21,6%), São Paulo (113.204; 15,7%), Amazonas (61.224; 8,7%) e Ceará (62.497; 8,5%).

Tendo em vista a gravidade da dengue, uma forma bastante eficaz de ajudar na prevenção é a espacialização dos casos de dengue, que auxilia na análise e avaliação de riscos à saúde pública coletiva. Uma ferramenta de apoio ao controle da dengue é o Sistema de Informação Geográfico (SIG), pois permite apontar áreas de maior intensidade de transmissão, identificar regiões mais vulneráveis ao vetor

e planejar ações de controle (NASCIMENTO et al., 2009).

Utilizando-se dos recursos para se realizar o mapeamento de doenças infecciosas, este estudo tem por objetivo analisar a distribuição espacial e espaço-temporal da ocorrência de dengue nos bairros da cidade de Lavras, podendo assim identificar e espacializar os casos de dengue, considerando o período de quatro anos. Os anos analisados compreende o período entre 2007 e 2010, devido ao fato de que a dengue se instalou na cidade a partir do ano de 2007. Anteriormente a esta data, só havia registros de casos importados da doença.

Nas análises foram utilizadas várias técnicas da estatística espacial. O trabalho está dividido em duas partes: na primeira parte foram feitas análises espaciais com o auxílio dos programas TerraView e SaTScan e na segunda parte, tem-se a análise espaço-temporal utilizando o programa SaTScan.

Através deste estudo, pretende-se identificar os bairros da cidade de maior risco de surto epidêmico, para que medidas de erradicação da dengue sejam aplicadas pela população com a ajuda dos agentes comunitários de saúde, pois a melhor arma para se combater a dengue até o momento é a prevenção.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O mosquito transmissor da dengue

A origem da palavra dengue é espanhola e quer dizer "melindre", "manha". O nome faz referência aos sintomas de moleza e prostração apresentados pela pessoa contaminada (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

O agente etiológico da dengue, segundo Ministério da Saúde (2012), é um arbovírus que corresponde a abreviatura do inglês de *arthropod-bornvirus* (vírus oriundo dos artrópodes) do gênero *Flavivirus* pertencente à família *Flaviviridae*, onde são conhecidos quatro sorotipos: DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). O hospedeiro da doença é o mosquito da família *Culicidae* e da espécie *Aedes aegypti* (GUIMARÃES, 2010).

O indivíduo infectado por um dos sorotipos adquire proteção permanente para o mesmo e imunidade parcial e temporária contra os outros três. Existem várias espécies de mosquitos do gênero *Aedes* que podem servir como transmissores do vírus da dengue. No Brasil estão instaladas duas delas: *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001).

O *A. albopictus* é uma espécie oriunda das selvas asiáticas. Em consequência do intenso comércio intercontinental de pneus por intermédio dos transportes marítimos, nos últimos quatorze anos, disseminou-se para as Américas, sendo inicialmente detectado nos Estados Unidos, em 1985, onde já está presente em 25 estados. Em 1986, foi identificado no Brasil, na cidade do Rio de Janeiro (BARBOSA; RODRIGUES; CABRAL, 2010), já tendo se disseminado para 1.465 municípios distribuídos em 14 estados do Brasil. Atualmente, está presente também em mais seis países da América Central e do Sul, na África, na Nigéria, em algumas Ilhas do Pacífico e no Sul da Europa (TEIXEIRA et al., 1999).

O *A. albopictus* não fica no interior das casas como o *A. aegypti*. O mosquito deposita seus ovos nos ocos de árvores e tem hábitos antropofílicos (parasitas exclusivos da espécie humana) e zoofílicos (parasitas exclusivos de animais) diurnos e fora dos domicílios. Devido a sua competência vetorial vem sendo objeto de investigação, uma vez que tais hábitos podem estabelecer um elo entre o ciclo dos vírus da dengue nos macacos e no homem, além de haver referência quanto à sua responsabilidade pela transmissão de surtos epidêmicos de dengue clássico e hemorrágico na Ásia (TEIXEIRA et al., 1999).

O *A. aegypti*, chegou ao Brasil através de barcos (navios negreiros) provenientes da África, no período colonial, junto com os escravos. Houve casos em que os barcos ficaram com a tripulação tão reduzida devido a dengue, que passaram a vagar pelos mares, constituindo os "navios-fantasmas". Devido ao clima tropical e subtropical, houve adaptação da espécie e sua proliferação no Brasil (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

A dengue é uma doença febril aguda, de etiologia viral e que se manifesta de maneira variável, desde uma forma assintomática até quadros graves e hemorrágicos, podendo levar ao óbito. É a mais importante arbovirose que afeta o homem e vem se apresentando, juntamente com as outras doenças tropicais negligenciadas, como um sério problema de Saúde Pública. No Brasil, e também em outros países tropicais, as condições do meio ambiente favorecem o desenvolvimento e a proliferação do *A. aegypti*, principal mosquito vetor (MAFRA et al., 2009).

Apesar dos esforços das autoridades sanitárias para o controle da dengue, trata-se ainda de uma doença com elevada incidência no Brasil e no mundo (MONTEIRO et al., 2009).

Segundo a World Health Organization (2009), a incidência de dengue tem crescido dramaticamente em todo o mundo nas últimas décadas. Cerca de 2,5



bilhões de pessoas - dois quintos da população mundial - estão agora em risco de dengue. Calcula-se que pode haver 50 milhões de infecções de dengue em todo o mundo a cada ano. Só em 2007, havia mais de 890.000 casos notificados de dengue na América Central e do Sul, dos quais 26.000 casos eram de Febre Hemorrágica da Dengue (FHD). A doença é agora endêmica em mais de 100 países na África, na América Central e do Sul, no Mediterrâneo Oriental, Sul e Sudeste Asiático e Pacífico Ocidental. O Sudeste da Ásia e o Pacífico Ocidental são os mais gravemente afetados. Antes de 1970 apenas nove países haviam experimentado epidemias de dengue hemorrágica, um número que aumentou mais de quatro vezes em 1995.

O mosquito é preto, com pequenos riscos brancos no dorso, na cabeça e nas pernas, de asas translúcidas e pernas articuladas. Apresenta duas fases ecológicas interdependentes: a aquática, que inclui três etapas de desenvolvimento: ovo, larva e pupa, e a terrestre: que corresponde ao mosquito na forma adulta. Depois do acasalamento, a fêmea precisa de sangue para maturação dos ovos, e é dessa forma que ela é capaz de transmitir o vírus da dengue ao homem (VARELLA, 2012).

Os ovos do *A. aegypti* podem sobreviver até 450 dias (aproximadamente 1 ano e 2 meses), mesmo que o local onde ele foi depositado fique seco. Essa alta resistência dos ovos é um dos fatores que dificultam a erradicação do mosquito. A fêmea pode voar até três quilômetros em busca de locais para depositar seus ovos. O período de vida do mosquito *A. aegypti* depois que atinge a fase de adulto, dura em média, de 30 a 35 dias (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009).

O *A. aegypti* tem um comportamento estritamente urbano, sendo raro encontrar amostras de seus ovos e larvas em reservatórios de água nas matas. Entretanto, macho e fêmea alimentam-se de seiva das plantas, presentes, sobretudo,

no interior das casas. Estudos relatam que a fêmea chega a colocar entre 150 e 200 ovos em cada vez. Sendo capaz de realizar inúmeras posturas no decorrer de sua vida, já que copula com o macho uma única vez, armazenando os espermatozóide em suas espermatecas (reservatórios presentes dentro do aparelho reprodutor). Uma vez com o vírus da dengue, a fêmea torna-se vetor permanente da doença e calcula-se que haja uma probabilidade entre 30 e 40% de chances de ocorrer transmissão vertical, ou seja, suas crias já nascem também infectadas (GUIMARÃES, 2010).

Os ovos não são postos na água, e sim milímetros acima de sua superfície, em recipientes tais como latas e garrafas vazias, pneus, calhas, caixas d'água descobertas, pratos de vasos de plantas ou qualquer outro que possa armazenar água. Quando, o nível da água sobe, entra em contato com os ovos que eclodem em pouco mais de 30 minutos. O processo todo de desenvolvimento do mosquito varia entre cinco e sete dias, a larva passa por quatro fases, como pode ser visto na figura 1, depois passa pelo estágio de pupa, caracterizando a etapa que ocorre na fase aquática, e finalmente dando origem a um novo mosquito adulto na fase terrestre (GUIMARÃES, 2010).

Experiências demonstraram que a melhor oportunidade para exterminar o *A. aegypti* se dá na fase larval, pois o mosquito tem apresentado resistência aos inseticidas nas demais fases. A quantidade de mosquitos depende muito das condições climáticas (mais chuvas, mais mosquitos). Especialistas ainda consideram os guardas sanitários a melhor maneira de controlar a presença do *A. aegypti*, pois somente visitas periódicas feitas de casa em casa são eficientes para combater o mosquito e ensinar a população a enfrentar o inseto. Além disso, faz-se necessário um constante monitoramento de terrenos baldios, casas abandonadas e quaisquer outros logradouros que possam servir de possíveis focos para a procriação do vetor

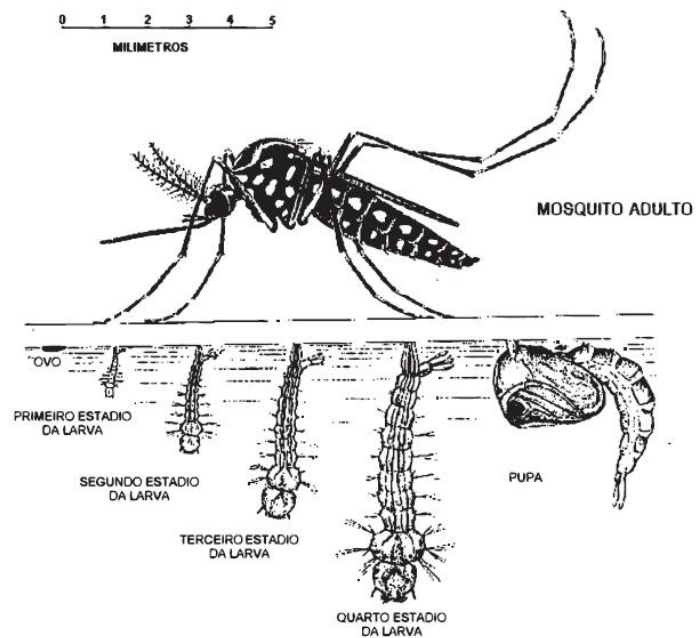


Figura 1 Fases do desenvolvimento do mosquito *Aedes aegypti*

Fonte: Ministério da Saúde (2012)

da dengue (GUIMARÃES, 2010).

### 2.1.1 Ciclo de transmissão

Não há transmissão pelo contato direto de uma pessoa doente com uma sadia. Também não há transmissão pela água, por alimentos ou por quaisquer objetos. A transmissão ocorre com a picada de uma fêmea do *A. aegypti* contaminada com o vírus.

A fêmea do *A. aegypti* tem maior atividade durante o dia e adquire o vírus ao picar uma pessoa doente. Estudos afirmam que a fêmea fica mais agitada com o vírus. Assim se inicia o chamado período de incubação extrínseco, que dura de 8 a 10 dias. O mosquito infectado transmite o vírus ao picar uma pessoa sadia, quando se inicia o período de incubação intrínseco, que dura de 3 a 15 dias. Uma

pessoa infectada passa a transmitir o vírus para outros mosquitos um dia antes de apresentar os primeiros sintomas até o desaparecimento da febre (normalmente no 5º ou 6º dia - período de viremia), reiniciando o ciclo de acordo com a figura 2 (MAFRA et al., 2009).

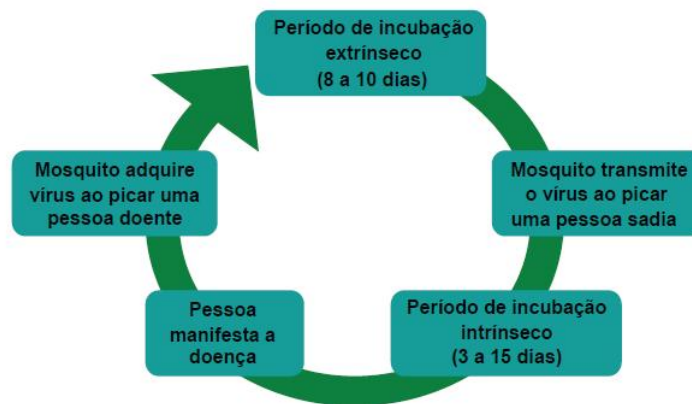


Figura 2 Ciclo de infecção no mosquito e no homem  
Fonte: Mafra et al. (2009)

## 2.2 Formas de apresentação dos sintomas

Segundo Mafra et al. (2009), a dengue pode se apresentar clinicamente de quatro formas diferentes: infecção inaparente, dengue clássica, febre hemorrágica da dengue e síndrome de choque da dengue.

### 2.2.1 Infecção inaparente

A pessoa está infectada pelo vírus, mas não apresenta nenhum sintoma. A grande maioria das infecções da dengue não apresenta sintomas. Acredita-se que de cada dez pessoas infectadas apenas uma ou duas ficam doentes.

### **2.2.2 Dengue clássica**

A dengue clássica é a forma mais leve da doença e se assemelha à gripe ou resfriado. Geralmente inicia-se de uma hora para outra e dura entre 5 e 7 dias. A pessoa infectada tem febre alta (39 a 40°C), dores de cabeça, cansaço, dor muscular e nas articulações, indisposição, enjôos, vômitos, manchas vermelhas na pele, dor abdominal (principalmente em crianças), entre outros sintomas.

Os sintomas da dengue clássica duram até uma semana. Após este período, a pessoa pode continuar sentindo cansaço e indisposição.

### **2.2.3 Dengue hemorrágica**

A dengue hemorrágica é uma doença grave e se caracteriza por alterações da coagulação sanguínea da pessoa infectada, pois surgem hemorragias em virtude do sangramento de pequenos vasos na pele e nos órgãos internos. A dengue hemorrágica pode provocar hemorragias nasais, gengivais, urinárias, gastrointestinais ou uterinas.

Na dengue hemorrágica, assim que os sintomas de febre acabam, a pressão arterial do doente cai, o que pode gerar tontura, queda e choque. Se a doença não for tratada com rapidez, pode levar a morte.

### **2.2.4 Síndrome de choque da dengue**

Conhecida como a mais séria apresentação da dengue e se caracteriza por uma grande queda ou ausência de pressão arterial. O indivíduo infectado pela doença apresenta um pulso quase imperceptível, inquietação, palidez e perda da consciência. Nesse tipo de apresentação da doença, há registros de várias complicações, como alterações neurológicas, problemas cardiorrespiratórios, insuficiên-

cia hepática, hemorragia digestiva e derrame pleural.

Dentre as principais manifestações neurológicas, destacam-se: delírio, sonolência, depressão, coma, irritabilidade extrema, psicose, demência, amnésia, paralisias e sinais de meningite. Se a doença não for tratada com rapidez, pode levar a morte.

### **2.3 Dengue na cidade de Lavras - MG**

Nos registros fornecidos pela Secretaria de Saúde, circulam na cidade de Lavras os vírus DEN-1, DEN-2 e DEN-3. Todos podem causar tanto a forma clássica da doença quanto a dengue hemorrágica.

Devido ao surto epidêmico que começou na cidade a partir do ano de 2007, a prefeitura começou a realizar campanhas de conscientização direcionada a população e os agentes comunitários de saúde aumentaram as fiscalizações nas residências domiciliares.

Como o mosquito da dengue é intradomiciliar, logo a pulverização na rua feita com carros não é tão eficiente quanto o atomizador costal (nebulizador) que tem uma ação de 9 metros, podendo pulverizar dentro das residências, que corresponde a uma das alternativas de eliminação do vetor empregado na cidade de Lavras.

Duas pessoas morreram ao adquirirem a doença na cidade. A primeira vítima foi um menino de apenas 1 ano de idade morador do bairro Água Limpa, sendo que sua morte ocorreu no ano de 2007. No ano de 2010 tem-se o registro da segunda vítima, que era uma mulher de 35 anos moradora do bairro Jardim Glória. Um fato relacionado com a segunda vítima, diz respeito ao local de sua residência, que fica perto de um clube que se encontra desativado, correspondendo a um potencial criadouro do mosquito transmissor da dengue. Tendo em vista a

gravidade da situação desse bairro, foram registrados 102 casos confirmados de dengue no ano de 2010.

## 2.4 Epidemiologia

*“A história das epidemias é um capítulo capital da história geral da humanidade. As epidemias nada mais são do que grandes advertências, elas dizem ao verdadeiro homem de Estado que, na vida de seus administrados, ocorreu um distúrbio que não pode continuar a ser ignorado, sequer por uma política indolente”. (DUBOS, 1973, p.367, apud HERZLICH, 2005)*

Devido a dengue ser considerada uma doença epidêmica, que se caracteriza pela incidência em curto período de tempo de um grande número de casos da doença, existe um ramo da ciência destinado para estudar especificamente esse tipo de assunto, que é a epidemiologia.

### 2.4.1 Definição de epidemiologia

Segundo Bonita, Beaglehole e Kjellström (2006), a palavra “epidemiologia” é derivada das palavras gregas: *epi* “sobre”, *demos* “povo” e *logos* “estudo”.

A definição mais utilizada para epidemiologia se resume em “estudo da distribuição e dos determinantes da frequência das doenças em seres humanos”. O evento doença apresenta uma determinada distribuição, ou seja, uma repartição desigual ou variável entre a população. Logo, caberia à epidemiologia tanto a descrição desses diferenciais de acometimento quanto a busca de explicações etiológicas para essas desigualdades. Se as doenças e demais eventos relativos à saúde se distribuíssem de maneira absolutamente determinista, ou seja, não aleatória, não existiria a epidemiologia ou, pelo menos, não como é conhecida hoje (SILVA; BARROS, 2002).

Os objetivos dos primeiros estudos epidemiológicos eram de investigar a causa (etiologia) das doenças transmissíveis. Hoje tais estudos continuam sendo essenciais, porque possibilitam a identificação de métodos preventivos. Nesse sentido, a epidemiologia é uma ciência médica básica que tem por objetivo melhorar a saúde das populações, especialmente dos menos favorecidos. Geralmente esses estudos são realizados pelos órgãos públicos de saúde, avaliando epidemias tanto no seu aspecto individual como coletivo. Epidemias na maioria das situações resultam da convivência entre espécies e normalmente ocorrem quando existe um desequilíbrio, ou seja, só é chamado epidemia casos de doenças que ultrapassam um limiar considerado normal para determinada época do ano. Ultimamente, os métodos de análise epidemiológica se sofisticaram e o emprego de análises estatísticas e recursos de informática tornaram a epidemiologia uma área de concentração para muitos pesquisadores. Logo, é então possível produzir prognósticos a respeito do estado futuro de um determinado fenômeno que se desenvolve no espaço e no tempo, possibilitando o conhecimento dos padrões de comportamento das doenças (BONITA; BEAGLEHOLE; KJELLSTRÖM, 2006).

#### **2.4.2 Padrões epidemiológicos da dengue**

Quando se move entre as populações, o vírus da dengue altera seu potencial epidêmico e as suas apresentações clínicas, o que faz com que as apresentações epidemiológicas das infecções se expressem de modo muito variado. Como consequência, as epidemias podem ser explosivas, evoluindo em curto período de tempo, seguidas de circulação endêmica, que se traduz pelo aparecimento de menor número de casos ao longo do tempo. Outras delineiam dois picos epidêmicos em anos consecutivos e só depois é que se estabelece um período de baixa endemicidade, também de maior ou menor duração. Entretanto, alguns padrões podem



se repetir, particularmente quando se trata da introdução de um sorotipo do vírus em populações virgens de exposição, em locais com grandes densidades populacionais e com índices elevados de infestação pelo *A. aegypti*. Nessas situações, tem-se observado que durante algumas semanas a epidemia se anuncia com o aparecimento de alguns casos, próximos entre si, para logo depois configurar uma epidemia explosiva de duração variável (TEIXEIRA et al., 1999).

Analisando os tempos atuais, considera-se a erradicação do *A. aegypti* praticamente impossível devido ao crescimento da população humana, ocupação desordenada do ambiente e a falta de infra-estrutura dos centros urbanos. A industrialização também dificulta o enfrentamento desse tipo de inseto, já que os novos produtos descartáveis por ela produzidos (tais como copos, garrafas e utensílios de plástico) são eliminados de forma incorreta e acabam por transformar-se em possíveis focos para a multiplicação do *A. aegypti*. Assim, o máximo que se pode fazer é controlar a presença do mosquito.

No século XXI, as epidemias de dengue são consideradas como um dos maiores problemas de Saúde Pública. Dentre as causas está o crescimento acelerado e desordenado das cidades, sem boas condições de saneamento básico, que consequentemente aumentam a proliferação do vetor. Vários surtos têm sido informados, em todos os cinco continentes. A distribuição geográfica da dengue é mundial e envolve países tropicais e subtropicais, como pode ser visualizado na figura 3 (BRAGA; VALLE, 2007).

Como a epidemiologia é uma área que possui grande interesse em técnicas de análise de dados georreferenciados, buscando entender suas distribuições e relações, que corresponde ao estudo deste trabalho, que irá analisar casos de dengue agregados por área, que no caso são os bairros da cidade de Lavras. A estatística espacial fornece um grande auxílio na análise desses dados.



Figura 3 Distribuição geográfica dos países em risco de dengue

Fonte: World Health Organization (2012)

## 2.5 Geoprocessamento

Segundo Pina e Santos (2000), o termo geoprocessamento é muito amplo, pois engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais. Dentre essas tecnologias, se destacam: o sensoriamento remoto, a digitalização de dados, a automação de tarefas cartográficas, a utilização de Sistemas de Posicionamento Global - GPS e os Sistemas de Informações Geográficas - SIG. Ou seja, o SIG é umas das técnicas de geoprocessamento, a mais ampla delas, uma vez que pode englobar todas as demais, mas nem todo o geoprocessamento é um SIG.

Uma das características das técnicas de geoprocessamento, está no fato de poder permitir a análise simultânea de variáveis sociais, econômicas e ambientais que atuam sobre determinada população, contribuindo para detecção de áreas vulneráveis, nas quais os problemas de saúde ocorrem com maior frequência e gravidade (SCANDAR et al., 2010).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), permitem realizar análises

lises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos (FRANCELINO, 2003).

Segundo Anselin (1999), a análise de dados geográficos pode ser dividida nas seguintes etapas:

- a) **Seleção**: compreende o processo de navegação num banco de dados geográficos, realizando consultas e apresentando mapas temáticos simples;
- b) **Manipulação**: envolve todas as funções que criam dados espaciais. Nesta etapa, é que será utilizada Álgebra de Mapas em Geoprocessamento, ampliando a capacidade de análises e correlações;
- c) **Análise Confirmatória**: envolve o conjunto de modelos de estimação e procedimentos de validação, necessários para implementar análises multivariadas com componentes espaciais.

### 2.5.1 Descrição geral de sistemas de informação geográfica

Os primeiros Sistemas de Informações Geográficas (SIG) surgiram na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Estes sistemas, no entanto, eram muito difíceis de serem usados, uma vez que não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram muito caros e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e caríssima. Não existiam soluções comerciais prontas para uso, e cada interessado precisava desenvolver seus próprios programas, o que demandava muito tempo e, naturalmente, muito dinheiro (CÂMARA; DAVIS, 2001).

A capacidade de armazenamento e a velocidade de processamento dos

computadores eram muito baixas naquela época. Ao longo dos anos 70 foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de hardware, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais. Foi então que a expressão *Geographic Information System* foi criada. Foi também nessa época que começaram a surgir os primeiros sistemas comerciais de CAD (*Computer Aided Design*, ou projeto assistido por computador), que melhoraram em muito as condições para a produção de desenhos e plantas para engenharia e, serviram de base para os primeiros sistemas de cartografia automatizada. Também nos anos 70 foram desenvolvidos alguns fundamentos matemáticos voltados para cartografia, incluindo questões de geometria computacional. No entanto, devido aos custos e ao fato de ainda serem utilizados exclusivamente computadores de grande porte, apenas grandes organizações tinham acesso à tecnologia (CÂMARA; DAVIS, 2001).

A década de 80 representa o momento quando a tecnologia de sistemas de informação geográfica inicia um período de acelerado crescimento que dura até hoje. Até então limitados pelo alto custo do hardware e pela pouca quantidade de pesquisa específica sobre o tema, os SIG se beneficiaram grandemente da massificação causada pelos avanços da microinformática e do estabelecimento de centros de estudos sobre o assunto. Nos EUA, a criação de centros de pesquisa que formam o NCGIA - *National Centre for Geographical Information and Analysis* em 1989, marca o estabelecimento do geoprocessamento como disciplina científica independente (CÂMARA; DAVIS, 2001).

O ano de 1990 é marcado pela crescente capacidade de análise e tratamento de dados, e pela facilidade do acesso à informação, através de sistemas computacionais cada vez mais simples e baratos. Nos campos de saúde e ambiente, diversos dados encontram-se em meio magnético e estruturados de maneira a permitir seu uso e interpretação por órgãos responsáveis, entidades acadêmicas,

e organizações não-governamentais (PINA; SANTOS, 2000).

Nos últimos anos os SIGs são utilizados na área de saúde, inclusive como uma ferramenta para espacialização de dados epidemiológicos, o que possibilita um estudo mais completo, com uma resolução visual mais explicativa, além de possuir uma análise estatística mais específica (PINA; SANTOS, 2000).

Os SIGs são aplicados para realizarem o tratamento computacional de dados geográficos. Um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica. Os dados tratados em geoprocessamento tem como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados.

Existe uma dualidade básica no SIG, que consiste na capacidade de armazenar a geometria dos objetos geográficos e de seus atributos. Para cada objeto geográfico, o SIG necessita armazenar seus atributos e as várias representações gráficas associadas.

O SIG tem uma ampla gama de aplicações, que inclui temas como agricultura, engenharia florestal, cartografia, medicina, cadastro urbano e redes de concessionárias (água, energia e telefonia). Segundo Pina e Santos (2000), os benefícios mais comuns de um SIG são:

- melhorar o armazenamento e atualização dos dados;
- recuperação de informações de forma mais eficiente;
- produção de informações mais precisas;
- rapidez na análise de alternativas;
- a vantagem de decisões mais acertadas.

### 2.5.2 O uso de SIGs na saúde

Na saúde, os Sistemas de Informações Geográficas tornaram-se instrumentos de grande utilidade, pois possuem a capacidade de agregar diversas operações, como captura, armazenamento, manipulação, escolha e procura de informação, análise e exposição de dados, auxiliando na predição, na avaliação de tendência, simulação de situações, planejamento e definição de estratégias no campo de vigilância epidemiológica. Quando aplicado na área de saúde pública, o SIG auxilia na identificação de áreas com maior ocorrência de dengue ou de qualquer outra doença, fazendo com que o combate seja focado nessas áreas (LEITE; ABREU, 2009).

### 2.5.3 Principais características de SIGs

Segundo Pina e Santos (2000), de uma maneira geral, pode-se identificar os seguintes objetivos na implementação de um SIG:

**Visualização das informações:** diversas formas de apresentação das informações são possibilitadas pelo SIG, através de mapas, gráficos, imagens, entre outros.

**Organização e georreferenciamento dos dados:** o SIG se constitui em um poderoso organizador das informações georreferenciadas. Permite combinar vários tipos diferentes dessas informações, por exemplo, limites de bairros, localização pontual das unidades de saúde, volume do fluxo entre duas localidades, entre outras.

**Integração de dados vindos de diversas fontes, nos mais diversos formatos, escalas e sistemas de projeção:** o mapa armazenado no SIG pode ser sempre associado a novas informações, provenientes de diversas fontes, permitindo que se some o trabalho de diversas órgãos e instituições.

**Análise dos dados:** refere-se a disponibilidade de funções que permitam transformar os dados em informações úteis no processo de tomada de decisões.

**Predição de ocorrências:** a partir da análise de séries históricas, mapeando os eventos estudados em diferentes períodos.

## 2.6 Estatística espacial

A estatística, que é uma ciência que se dedica à coleta, análise e interpretação dos dados está cada vez mais ganhando espaço nas áreas em que ela pode ser aplicada, sendo um instrumento importante na hora de se tirar conclusões e tomar decisões. Para realizar determinados estudos, utilizam-se diversas técnicas e estilos de análises estatísticas; uma delas é a estatística espacial.

Segundo Griffith e Paelinck (2011), a estatística espacial é um subconjunto das estatísticas que se preocupa em lidar com problemas associados com dados distribuídos geograficamente, que incluem padrões de pontos, superfícies contínuas e dados agregados por áreas.

A análise espacial fornece um grande ferramental matemático destinado a fornecer ao pesquisador a capacidade de estabelecer critérios quantitativos de agrupamento ou dispersão dos dados espaciais, determinando o grau de dependência espacial entre as observações. A técnica da estatística espacial nasce da necessidade de quantificação da dependência espacial presente num conjunto de dados geográficos, distinguindo-se das demais técnicas empregadas em análises estatísticas por considerar explicitamente a localização espacial dos dados no processo de descrição, análise ou coleta (CÂMARA et al., 2004).

Uma característica da análise espacial é mensurar propriedades e relacionamentos considerando a localização espacial do fenômeno em estudo, ou seja, permite estudar, explorar e modelar fenômenos geográficos. "A análise espacial é

composta por um conjunto de procedimentos encadeados cuja a finalidade é a escolha de um modelo inferencial que considera explicitamente os relacionamentos espaciais presentes no fenômeno"(CÂMARA et al., 2004).

### **2.6.1 Características da estatística espacial**

Segundo Assunção (2000), a estatística espacial possui três características marcantes:

1. Adiciona precisão a uma descrição qualitativa;
2. Facilita a comparação entre diferentes populações no espaço ou no tempo, usando critérios objetivos (portanto, reprodutíveis) e quantitativos;
3. Chama a atenção para características que não eram perceptíveis por meio de uma inspeção qualitativa.

Estes três tópicos estão presentes na estatística espacial nas três formas clássicas em que a estatística é usada: para sistematizar a forma de coletar dados espaciais, para explorar e visualizar estes dados em mapas ou medidas de resumo, e para extrair conclusões sobre o mecanismo gerador dos dados baseados em modelos probabilísticos.

### **2.6.2 Tipos de dados em análise espacial**

Segundo Bailey e Gatrell (1995), os tipos de dados para análise espacial são os seguintes:

1. **Distribuição de pontos** - eventos precisamente localizados no espaço, denominados processos pontuais. São exemplos: localização de crimes, ocorrências de indivíduos ou plantas doentes, e localização de espécies vegetais;



2. **Geoestatística** - conjunto de técnicas aplicadas que pressupõem a continuidade espacial do objeto. Usualmente, este tipo de dado é resultante de levantamento de recursos naturais, e que incluem por exemplo mapas geológicos, topográficos e ecológicos;
3. **Dados de áreas** - quando a ocorrência do fenômeno em estudo é mensurada a partir de dados agregados por área. Geralmente esses dados são delimitados por polígonos fechados (setores censitários, zonas de endereçamento postal, municípios).

#### 2.6.2.1 Dados de área

Segundo Assunção (2000), os dados de área são representados por um vetor  $(z_1, \dots, z_n)$  onde a cada um dos valores  $z_i$  está associado com uma das áreas  $i$  de um mapa. A principal característica desse tipo de dado é que ele representa uma agregação de valores que encontram-se dispersos dentro de cada uma das áreas. Assim,  $z_i$  não se refere a nenhuma posição específica dentro da área  $i$  mas, na verdade, está associada a toda área  $i$  em questão. As áreas podem também representar uma grade regularmente espaçada tal como em imagens de satélite ou fotografias.

Mesmo que o valor de  $z_i$  esteja associado a toda área, algumas técnicas requerem algum ponto de referência dentro do polígono formado pela área para localizar o valor. Geralmente, é escolhido o centróide da área. No entanto, não faz sentido pensar em interpolação em pontos não observados, já que não há valores "entre as áreas"(ASSUNÇÃO, 2000).

Alguns dos principais interesses ao fazer inferências sobre o padrão espacial de áreas observado são: testar se o padrão é aleatório; obter mapas mais suaves que o mapa observado, procurando estimativas melhores de estruturas subjacen-

tes; detectar sub-regiões de valores mais elevados do que o esperado sob algum modelo e modelos de regressão espacial (ASSUNÇÃO, 2000).

As técnicas de análise de dados de área foram desenvolvidas para tentar identificar regiões onde a distribuição dos valores possa apresentar um padrão específico associado a sua localização espacial. A informação que se busca é o quanto o valor de uma variável em uma determinada área assemelha-se com os valores da mesma variável localizada em sua vizinhança próxima e o quanto é similar ou dissimilar aos valores de sua vizinhança distante. Essas técnicas são apresentadas na forma de indicadores, que medem tanto o padrão quanto a associação espacial. Dentre esses indicadores destaca-se o índice global de Moran para a associação espacial (BRAGA et al., 2010).

Na análise espacial, a dependência espacial e a autocorrelação espacial são fundamentais. Entende-se por dependência espacial o fato de que a maior parte das ocorrências naturais ou sociais apresentam entre si uma relação que depende da distância. Uma das formas para avaliar a dependência espacial é a autocorrelação espacial. A ideia é verificar como a dependência espacial varia, a partir da comparação entre os valores de uma amostra e de seus vizinhos (CÂMARA et al., 2004).

A autocorrelação espacial mede a correlação presente no espaço, em relação a uma variável de interesse, isto é, quanto o valor observado de um atributo em uma região é dependente dos valores dessa mesma variável nas localizações vizinhas. Essa autocorrelação usualmente decai com o aumento da distância entre pontos ou áreas. A análise exploratória dos dados visa identificar a estrutura de correlação, estimando a magnitude da autocorrelação espacial entre eles (CÂMARA et al., 2004).

Segundo Cressie (1991), dados que estão próximos no espaço tendem a

serem mais parecidos do que aqueles mais distantes.

Uma das formas para avaliar o grau de autocorrelação espacial entre áreas, corresponde ao Índice de Moran, que pode ser global ou local.

### 2.6.3 Índice global de Moran ( $I$ )

Segundo Câmara et al. (2004), o índice global de Moran ( $I$ ), é calculado pela seguinte equação (1):

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (z_i - \bar{z})(z_j - \bar{z})}{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2}, \quad (1)$$

em que,  $n$  é o número de áreas,  $z_i$  o valor do atributo considerado na área  $i$ ,  $z_j$  o valor do atributo considerado na área  $j$ ,  $\bar{z}$  é o valor médio do atributo na região de estudo e  $w_{ij}$  referem-se aos elementos da matriz normalizada de proximidade espacial, cuja definição está no próximo tópico. Nesse caso, a correlação será computada apenas para os vizinhos de primeira ordem no espaço, conforme estabelecido pelos pesos  $w_{ij}$ .

Segundo Bailey e Gatrell (1995), o valor do índice de Moran não fica limitado ao intervalo  $(-1, 1)$ . O valor do índice se afasta de zero à medida que aumenta o grau de correlação positiva ou negativa. Na ausência de dependência espacial, esse valor é muito próximo de zero, que corresponde a hipótese nula do teste. Uma vez calculado, é importante estabelecer sua validade estatística, para saber se os valores medidos apresentam autocorrelação espacial significativa. Para verificar a significância do índice, será preciso associar a este uma distribuição estatística, sendo mais usual relacionar a estatística de teste à distribuição normal. Outra alternativa é um teste de pseudo-significância. Neste caso, são geradas diferentes

permutações dos valores de atributos associados às regiões; cada permutação produz um novo arranjo espacial, onde os valores estão redistribuídos entre as áreas. Como apenas um dos arranjos corresponde à situação observada, pode-se construir uma distribuição empírica de  $I$ , como pode ser visto na figura 4. Se o valor do índice  $I$  medido originalmente corresponder a um “extremo” da distribuição simulada, então trata-se de valor com significância estatística (CÂMARA et al., 2004).

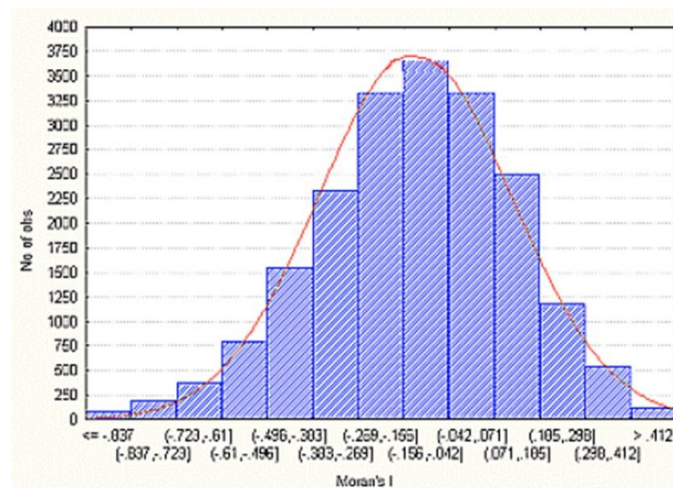


Figura 4 Exemplo de distribuição simulada para o índice de Moran  
Fonte: Câmara et al. (2004)

De acordo com Teixeira e Medronho (2008), uma das vantagens da aplicação do índice global de Moran, está na capacidade de verificar se as áreas geograficamente vizinhas apresentam maior semelhança quanto às variáveis estudadas do que o esperado ao acaso.

### 2.6.3.1 Matriz de proximidade espacial

Segundo Câmara et al. (2004), para estimar a variabilidade espacial de dados de área, uma ferramenta básica é a matriz de proximidade espacial, também

chamada matriz de vizinhança. Dado um conjunto de  $n$  áreas  $\{z_1, \dots, z_n\}$ , construímos a matriz  $W$  ( $n \times n$ ), onde cada um dos elementos  $w_{ij}$  representa uma medida de proximidade entre  $z_i$  e  $z_j$ . Esta medida de proximidade pode ser calculada a partir de um dos seguintes critérios:

- $w_{ij} = 1$ , se o centróide de  $z_i$  está a uma determinada distância de  $z_j$ ; caso contrário  $w_{ij} = 0$ ;
- $w_{ij} = 1$ , se  $z_i$  compartilha a fronteira com  $z_j$ , caso contrário  $w_{ij} = 0$ ;
- $w_{ij} = l_{ij}/l_i$ , onde  $l_{ij}$  é o comprimento da fronteira entre  $z_i$  e  $z_j$  e  $l_i$  é o perímetro de  $z_i$ .

Como a matriz de proximidade é utilizada em cálculos de indicadores na fase de análise exploratória, é muito útil normalizar suas linhas, para que a soma dos pesos de cada linha seja igual a 1. Isto simplifica muito vários cálculos de índices de autocorrelação espacial. A figura 5 ilustra um exemplo simples de matriz de proximidade espacial, em que os valores dos elementos da matriz refletem o critério de adjacência e foram normalizados.

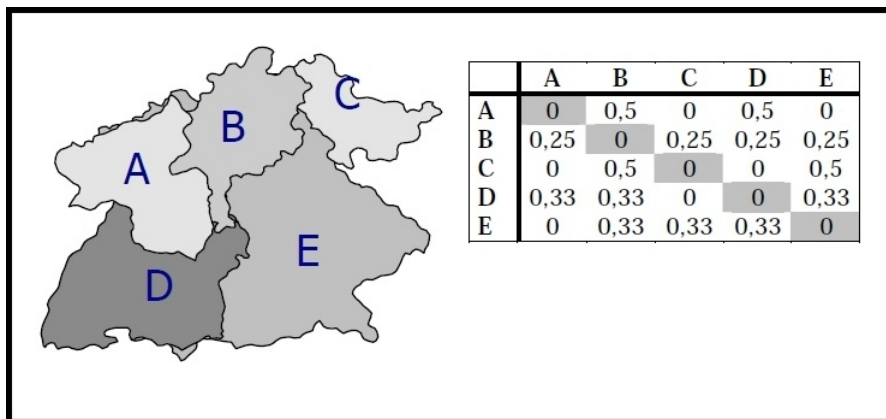


Figura 5 Matriz de proximidade espacial de primeira ordem, normalizada pelas linhas  
Fonte: Câmara et al. (2004)

A idéia da matriz de proximidade espacial pode ser generalizada para vizinhos de maior ordem (vizinhos dos vizinhos).

#### 2.6.4 Índice local de Moran

Segundo Câmara et al. (2004), os indicadores globais de autocorrelação espacial, como o índice de Moran, fornecem um único valor como medida da associação espacial para todo o conjunto de dados, o que é útil na caracterização da região de estudo como um todo. Quando trabalha-se com um grande número de áreas, é muito provável que ocorram diferentes regimes de associação espacial e que apareçam máximos locais de autocorrelação espacial, onde a dependência espacial é mais pronunciada. Assim, muitas vezes é desejável examinar padrões em maior detalhe. Para tanto, é preciso utilizar indicadores de associação espacial que possam ser associados às diferentes localizações de uma variável distribuída espacialmente. Os indicadores locais produzem um valor específico para cada área, permitindo assim a identificação de agrupamentos.

Um desses indicadores é o índice local de Moran, que pode ser expresso para cada área  $i$  a partir dos valores normalizados  $z_i$  do atributo. Ele é definido pela equação (2):

$$I_i = \frac{z_i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j}{\sum_{j=1}^n z_j^2}, \quad (2)$$

em que,  $n$  é o número de áreas,  $z_i$  o valor do atributo considerado na área  $i$ ,  $z_j$  o valor do atributo considerado na área  $j$  e  $w_{ij}$  referem-se aos elementos da matriz normalizada de proximidade espacial.

A significância estatística do uso do índice local de Moran é computada de

forma similar ao caso do Índice Global. Para cada área, calcula-se o índice local, e depois permuta-se aleatoriamente o valor das demais áreas, até obter uma pseudo-distribuição para a qual possamos computar os parâmetros de significância. Uma vez determinada a significância estatística do índice local de Moran, é útil gerar um mapa indicando as regiões que apresentam correlação local significativamente diferente das demais áreas. Essas regiões podem ser vistas como "bolsões" de não-estacionariedade, pois são áreas com dinâmica espacial própria e que merecem análise detalhada (CÂMARA et al., 2004).

## **2.7 Mapeamento de doenças**

O mapeamento de doenças vem sendo instrumento básico no campo da saúde pública. Desde a década de 1990, as técnicas de análise têm sido utilizadas para gerar mapas de identificação de áreas de risco (ROJAS; BARCELLOS; PEITER, 1999).

Segundo Assunção (2000), a análise da dispersão espacial do risco de uma doença é feito principalmente através de mapas de taxas de incidência. Através desses mapas pode-se apontar associações entre fontes potenciais de contaminação e área de risco elevado, para sugerir determinantes locais de doenças e fatores etiológicos desconhecidos e para visualização da distribuição espacial da doença.

A maior parte dos mapas são constituídos por mapas temáticos onde um conjunto de áreas são sombreadas de acordo com seus valores em certa variável de interesse. De acordo com Morrison et al. (1998), Leite e Abreu (2009) e Mondini et al. (2005), os mapas temáticos tem um papel fundamental para se avaliar a evolução temporal dos casos de dengue. Por exemplo, a figura 6 mostra um mapa temático referente a incidência acumulada de dengue na cidade de Nova Iguaçu. O cálculo feito para encontrar o valor da incidência, corresponde a razão entre o

números de casos de dengue por bairro sobre o tamanho da população de cada bairro, multiplicando o resultado por 1.000 habitantes.

Para Mondini e Neto (2007), através do cálculo dos coeficientes de incidência anuais de dengue é possível obter uma série histórica de incidências, mostrando o comportamento da doença ao longo dos anos.

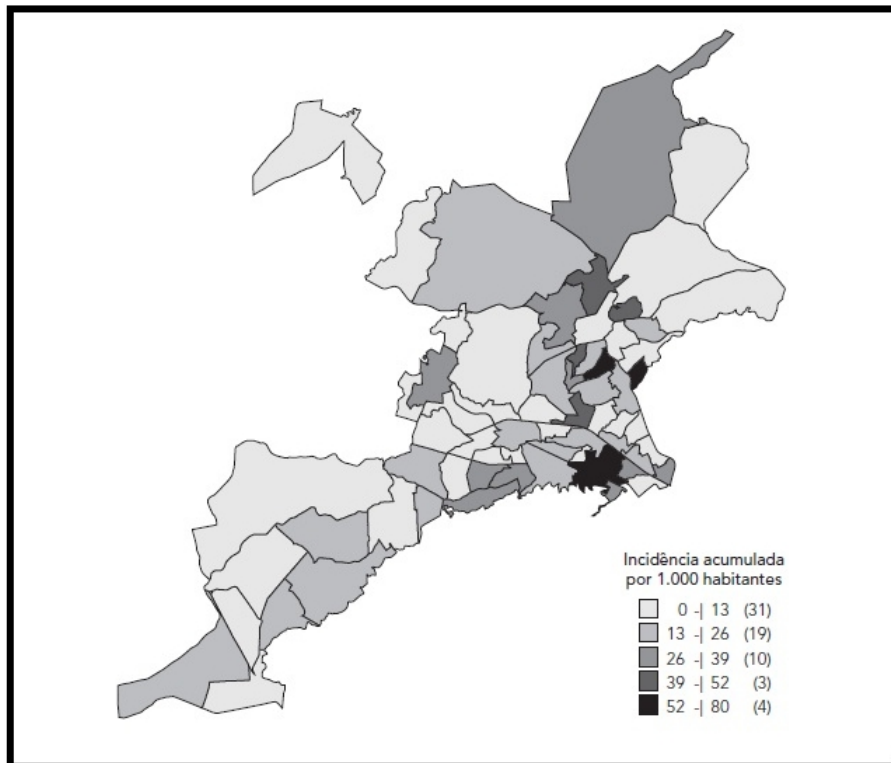


Figura 6 Incidência acumulada de dengue em Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, 1996 a 2004  
Fonte: Machado, Oliveira e Santos (2009)

## 2.8 Estatística de varredura espacial

A estatística de varredura espacial idealizada por Kulldorff e Nagarwalla (1995) se fundamenta tanto na distribuição de Bernoulli como na de Poisson, com



o objetivo de detecção e localização de conglomerados, baseando-se no método da máxima verossimilhança, que consiste em admitir que a amostra em causa é a amostra mais provável (CARNEIRO, 2007).

Segundo Balieiro (2008), a escolha do modelo depende da variável de interesse em estudo. Para dados oriundos de contagens os modelos indicados são: Poisson, Bernoulli e Permutação espaço-temporal.

De acordo com Kulldorff (1997), quando se tem um estudo de caso-controle é preferível usar o modelo de Bernoulli. Entretanto, caso exista algum fator de risco é preferível usar o modelo de Poisson, devido a dengue ser considerada uma doença de risco a saúde pública coletiva.

Define-se um conglomerado como um conjunto de áreas que apresentam um risco significativamente alto em relação a um determinado evento, embora não seja esperada tal observação nessas áreas (KNOX, 1989). Esses conglomerados podem ser: espacial, temporal e espaço-temporal. Um conglomerado espacial refere-se a uma observação de valores elevados em determinada(s) área(s) sem a interferência do período de tempo considerado. Já o conglomerado de tempo diz respeito à alta ocorrência de casos em um intervalo de tempo, ignorando-se, a distribuição espacial. E finalmente, o conglomerado espaço-temporal é caracterizado pela busca de aglomerações não somente no espaço, mas também no tempo (COSTA; SCHERRER; ASSUNÇÃO, 2006).

O método da máxima verossimilhança prioriza uma região formada pelas áreas cujos centróides correspondem ao centro de um círculo. Variando o raio e o centro do círculo, como mostra a figura 7 (de zero a até o máximo de 20% da população sob risco, pois não faz sentido propor um conglomerado que contenha 50% da população, segundo Assunção (2000)), assim os possíveis conglomerados são constituídos. Em cada círculo é calculado a razão entre o máximo da veros-

similhança sob a hipótese alternativa de que o número de casos dentro do círculo é maior do que fora e o máximo da verossimilhança sob a hipótese nula de que o valor encontrado é casual. Logo depois é calculado o máximo dessas razões para todos os círculos possíveis. Esse valor máximo do teste da razão da máxima verossimilhança é designado de T. A região associada com esse máximo é chamada conglomerado mais verossímil ou primário. A distribuição deste e o valor-p são obtidos por intermédio da simulação de conjuntos de dados gerados sob a hipótese nula, denominada de teste da replicação de Monte Carlo. Segundo Diggle (2003), O valor-p unilateral de um teste de Monte Carlo pode ser obtido por  $(s+1-j)/s$ , em que  $s$  é o número de simulações e  $j$  é a ordem (crescente) do valor observado da estatística de teste. Se o valor-p for menor que o nível de significância ( $\alpha = 0,05$ ), rejeitar-se a hipótese nula. Assim, o método não fornece somente o conglomerado mais verossímil, mas também os conglomerados secundários, formados para todas as áreas onde se rejeita a hipótese nula. No entanto os valores de p associados a esses conglomerados secundários são conservadores, expressando que os valores tendem a ser maiores que os valores verdadeiros (CARNEIRO, 2007).

Segundo Beato Filho et al. (2001), vários trabalhos que examinaram a detecção de *clusters* na área epidemiológica têm sido publicados, evidenciando a importância desse problema.

De acordo com Flauzino et al. (2009), o método de varredura espacial pode ser utilizado para a confirmação estatística dos *clusters* identificados em outras análises, que no caso deste trabalho envolve a análise do índice local de Moran.

### **2.8.1 Características da estatística de varredura espacial**

Segundo Assunção (2000), a estatística de varredura espacial possui vantagens e desvantagens.

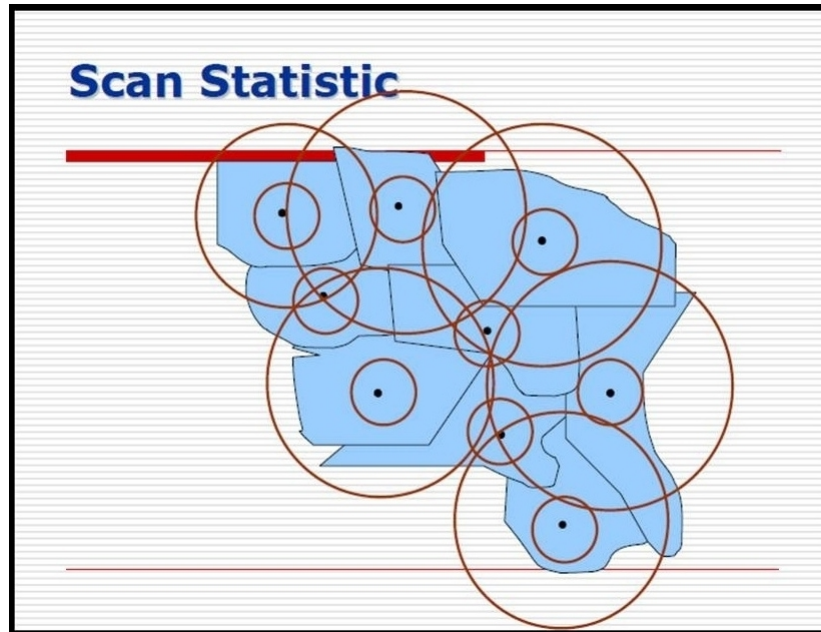


Figura 7 Movimento de varredura da janela circular  
Fonte: Costa (2011)

#### Vantagens:

- Leva em conta a densidade populacional não constante na região e também qualquer número de variáveis de risco conhecidas tais como sexo e idade;
- Procura conglomerados sem especificar de imediato sua localização e tamanho;
- Se a hipótese nula é rejeitada, o teste fornece a localização do conglomerado mais verossímil que levou a rejeição;
- Evita o problema de teste múltiplos fornecendo um valor-p real, que corresponde a sua principal vantagem.

#### Desvantagens:

- O método fixa a forma geométrica dos candidatos a conglomerados como por exemplo círculos ou elipses. Isto tende a criar conglomerados compactos englobando muitas vezes áreas que, de fato, não fazem parte do conglomerado;
- O método tem um poder baixo contra alternativas com um grande número de pequenos conglomerados localizados em posições bastante diferentes.

### **2.8.2 Interação espaço-temporal**

Em vários problemas aplicados, registram-se as ocorrências de eventos no tempo e, também sua localização no espaço. É comum que esta localização seja dada em termos da área em que o evento ocorreu dentro de uma região. Por exemplo, poderíamos observar o dia de eclosão e a área de residências de novos casos de uma certa doença. Outra situação é o registro de crimes por hora e data de ocorrência e a área (por exemplo, o bairro) em que eles ocorreram dentro de uma cidade. Vários estudos avaliam se existe correlação puramente espacial ou puramente temporal desses eventos. É comum encontrar substancial variação espacial refletindo a distribuição geográfica não-uniforme da população de risco ou dos fatores ambientais. É também usual encontrar aglomerados temporais devido a efeitos sazonais ou tendência de crescimento (ou decrescimento) acentuado da taxa de ocorrência dos eventos ao longo do tempo. No entanto, quando as informações tanto de espaço quanto de tempo estiverem presentes, é comum testar se existe aglomerados no espaço e no tempo simultaneamente, após ajustar por possíveis variações puramente espaciais ou puramente temporais. Isto é, o foco recai em testar se casos que estão próximos no espaço tendem também a estar próximos no tempo. Se isto ocorre, dizemos que existem aglomerados espaço-temporais ou que os dados exibem interação espaço-temporal (ASSUNÇÃO, 2000).

### 2.8.3 Varredura espaço-temporal

Uma característica dessa varredura é permitir a incorporação do fator temporal no estudo. Neste caso em específico, é de interesse identificar conglomerados de doenças que venham a ocorrer no espaço e no tempo simultaneamente. O procedimento é análogo ao método espacial, sendo que nesse caso, ao invés de círculos, são utilizados cilindros, cuja base representa o espaço geográfico e a altura representa o tempo. Embora o procedimento permita a base e a altura variarem continuamente de acordo com a varredura do método no espaço e no tempo, não há alterações em relação à razão de verossimilhança e a significância do teste. Na figura 8 apresenta-se de maneira visual, o procedimento da varredura espaço-temporal (KULLDORFF et al., 1998).

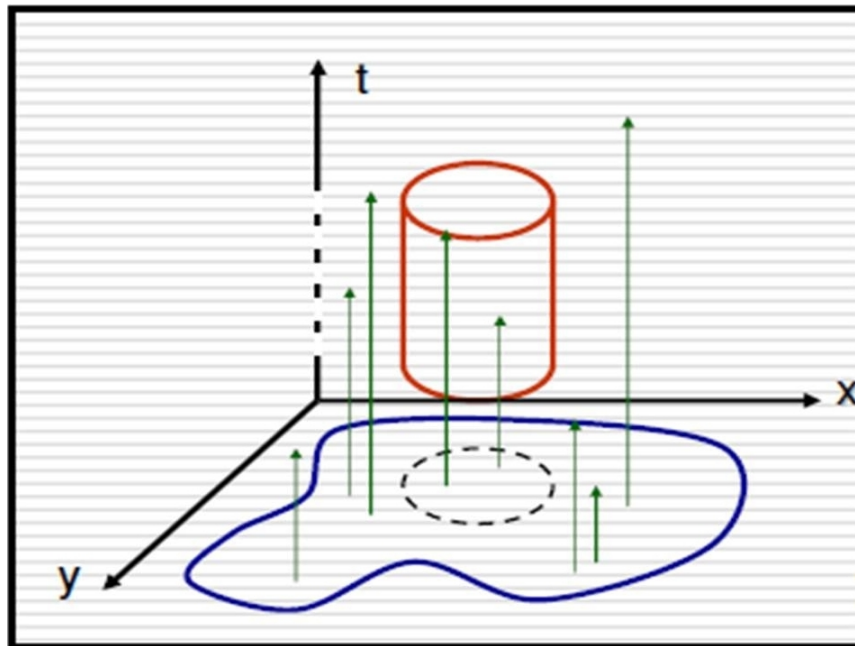


Figura 8 Exemplo hipotético da varredura espaço-temporal do método Scan  
Fonte: Costa (2011)

Com relação ao caráter temporal de um estudo com o método de varredura,

duas abordagens podem ser utilizadas: a análise retrospectiva e a prospectiva. A análise retrospectiva tem por objetivo detectar tanto conglomerados ainda ativos no fim do período de estudo, quanto conglomerados que deixaram de existir antes do fim do período. A análise prospectiva busca detectar apenas conglomerados que não deixaram de ocorrer até o final do estudo. Nessa segunda abordagem, o processo de detecção é iniciado varrendo-se o primeiro intervalo de tempo (dia, mês, ano, etc.) e, em seguida, os intervalos subsequentes levam em consideração as regiões identificadas anteriormente (KULLDORFF, 2010).

A análise espaço-temporal vem sendo bastante utilizada nos estudos relacionados com a dengue. Por exemplo, Schmidt et al. (2011), analisaram a interação entre a densidade populacional e a falta de água encanada como causa de surtos de dengue nos distritos Nha Trang e Ninh Hoa e na província Khanh Hoa no centro-sul do litoral do Vietnã. A estatística de varredura espaço-temporal foi aplicada com o objetivo de identificar áreas geográficas de maior risco. Rotela et al. (2007), trabalharam na investigação da dinâmica de propagação do surto de dengue em Tartagal, norte da Argentina. O teste de Knox foi utilizado para avaliar o agrupamento espaço-temporal dos casos. Tran et al. (2004), também utilizaram o teste de Knox na análise espaço-temporal dos casos de dengue em Iracoubo, Guiana Francesa. Jeefoo, Tripathi e Souris (2011), trabalharam com padrões espaço-temporais de *hotspots* durante as epidemias de dengue na província de Chachoengsao, na Tailândia.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A área estudada é a cidade de Lavras-MG, que é um município pertencente a região do Sul de Minas Gerais. Localiza-se a uma latitude  $21^{\circ} 14' 30''$  sul e longitude  $44^{\circ} 00' 10''$  oeste, de acordo com a figura 9. Está a uma altitude de 919 metros e possui uma área de  $564,5 \text{ km}^2$ . Sua população urbana, aferida em 2010 pelo Censo é de 92.200 habitantes. O número de bairros analisados correspondem a 91 (IBGE, 2012).



Figura 9 Localização de Lavras  
Fonte: IBGE (2012)

Serão considerados os números de incidência de dengue na cidade de Lavras, no período de 2007 a 2010.

O arquivo no formato *shapefile* contendo o banco de dados referentes a divisão da cidade de Lavras por bairros, como mostra a figura 17 e a tabela 4 dis-

poníveis no anexo, foi adquirido junto ao 8º Batalhão de Polícia Militar, localizado na cidade.

Os dados com o número de casos de dengue por bairro na cidade, que se encontram na tabela 5 disponível no anexo, foram disponibilizados pela Secretaria de Saúde de Lavras.

As estimativas para o tamanho da população nos bairros foram feitas com o auxílio da empresa MDA Pesquisas, localizada em Lavras, tendo como referência o número de eleitores ativos por setor censitário.

Para realizar o trabalho foi utilizado o programa livre TerraView versão 3.4.0, disponível em (<http://www.dpi.inpe.br/terraview/index.php>), para gerar os mapas de incidência, mapas temáticos, para calcular os índices global e local de Moran nos anos de 2007 a 2010.

O cálculo para obter o valor de incidência da dengue em cada bairro, referente aos quatro anos analisados, corresponde a razão entre o número de casos de dengue dividido pela população residente multiplicando o resultado por 1.000 habitantes. Através desses valores encontrados serão gerados os mapas temáticos.

Serão feitos mapas temáticos também referentes ao número de casos de dengue por bairro.

Na avaliação do nível de significância dos índices global e local de Moran foram geradas 999 permutações.

No programa livre SaTScan<sup>TM</sup> versão 9.1, disponível em (<http://www.sat-scan.org>), foram realizadas as análises espaço-tempo e puramente espacial. Os dados de entrada referentes a análise espaço-tempo foram os seguintes: número de casos de dengue e os dados georreferenciados dos centróides dos bairros, encontrados com a ajuda do programa TerraView. As coordenadas geográficas são cartesianas. O tipo de análise espaço-tempo realizada foi a retrospectiva. O modelo



probabilístico utilizado foi o permutação espaço-tempo. Utilizou-se o método de varredura de áreas com altas taxas e o tempo de agregação foi de um ano. Na análise puramente espacial o modelo probabilístico utilizado foi o Poisson. O tamanho da população é levado em consideração e o tempo de agregação não entra nessa análise.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Contabilizando os casos de dengue na cidade de Lavras, chegou-se aos seguintes números: em 2007 foram registrados 442 casos, que corresponde ao primeiro surto epidêmico na cidade; em 2008 foram notificados 77 casos; em 2009 devido as campanhas de conscientização feita pela prefeitura à população, foram registrados apenas 3 casos de dengue; mas em 2010 a situação voltou a se tornar crítica, pois foi registrado o maior número de casos na história da cidade, chegando ao número de 714, como observa-se na figura 10. No total, durante esses quatro anos, a cidade registrou 1236 casos confirmados de dengue.

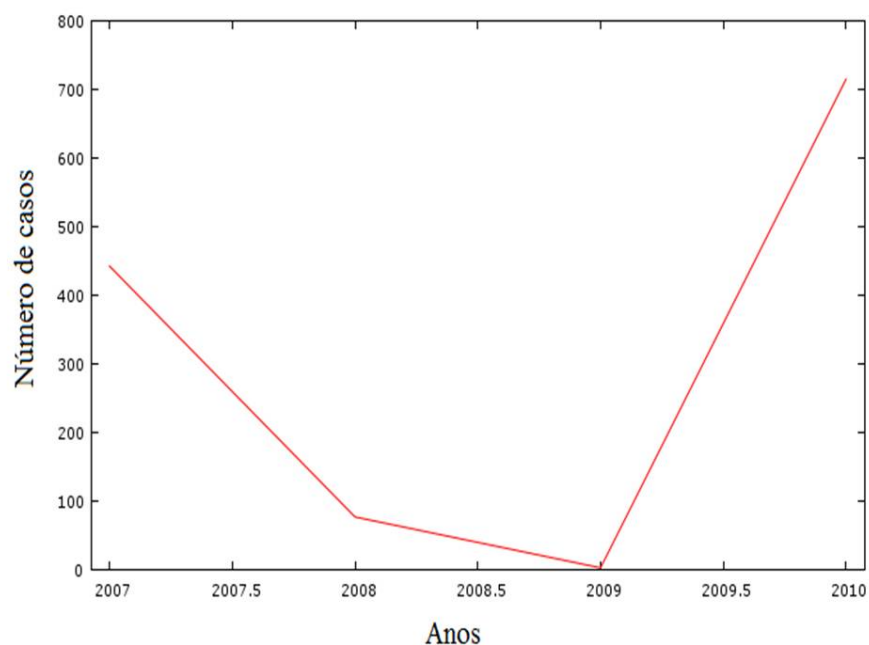


Figura 10 Número de casos de dengue na cidade de Lavras no período de 2007 a 2010

Os primeiros resultados que serão apresentados correspondem a uma análise exploratória dos dados, realizados no programa TerraView, com o objetivo de se ter uma primeira impressão dos dados. Fazem parte dessa análise os mapas

temáticos e os mapas de incidência.

#### 4.1 Mapas temáticos

Na figura 11 são apresentados os mapas temáticos anuais com os casos de dengue na cidade de Lavras, mostrando a evolução da doença ao longo do tempo.

Através dessa análise visual tem-se uma primeira impressão sobre a distribuição dos casos de dengue nos bairros da cidade.

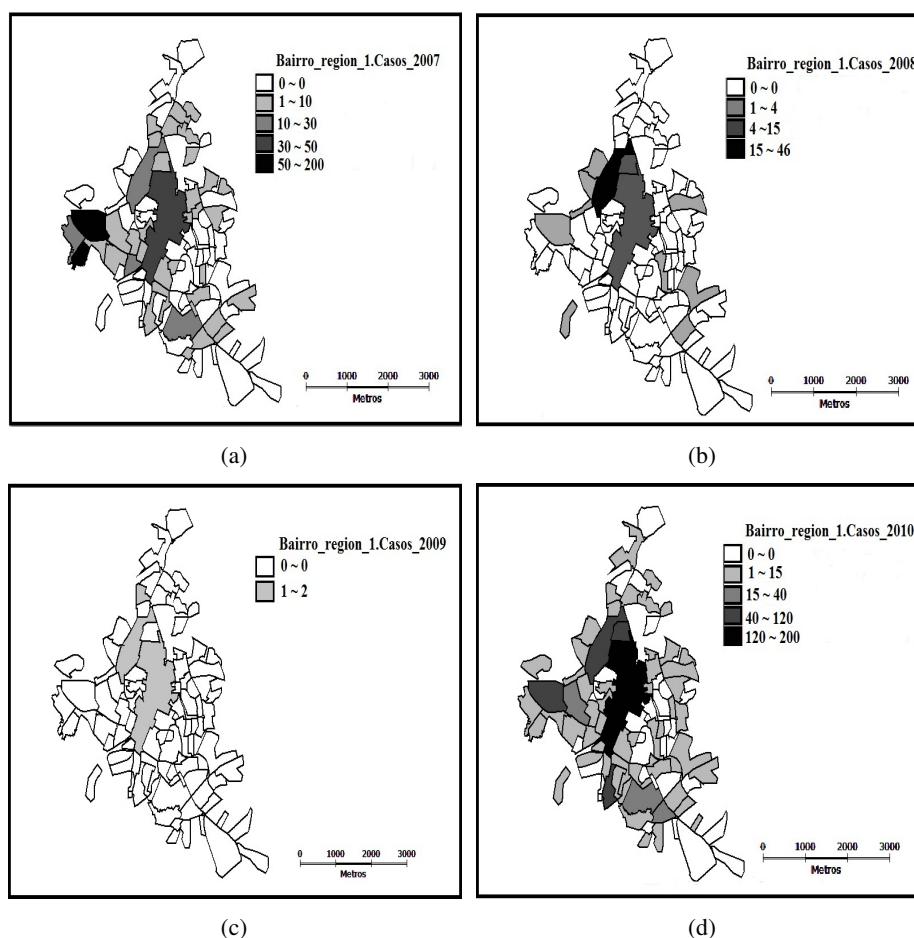


Figura 11 Casos de dengue nos anos de (a) 2007; (b) 2008; (c) 2009; (d) 2010

As áreas nas cores escuras identificam as regiões com o maior número de casos de dengue. No ano de 2007, os bairros Água Limpa e Vila Joaquim Sales estão no intervalo de 50 à 200 casos. Em 2008, o bairro Jardim Glória entra no intervalo de 15 à 46 casos. Em 2009, temos apenas três casos notificados de dengue. Em 2010, o bairro Centro entra no intervalo de 120 à 200 casos.

#### **4.2 Mapas de incidência**

Através dos mapas de incidência apresentados na figura 12, é possível ter uma visão mais detalhada sobre os bairros mais críticos em relação ao número de casos de dengue, proporcional à população de cada um.

O diferencial desses mapas gerados pelo coeficiente de incidência, está no fato de poder mostrar a real situação do comportamento da doença relacionado com a população residente nos bairros.

Comparando os mapas de incidência com os mapas temáticos, verificou-se que nos anos de 2007, 2008 e 2009, os bairros mais críticos com relação a dengue são os mesmos. Apenas no ano de 2010 o resultado foi diferente, pois no mapa temático, o bairro detectado com o maior registro de casos foi o Centro, e no mapa de incidência, o bairro com a maior taxa de incidência foi o Jardim Glória, ou seja, mesmo o Centro apresentando o maior número de casos, o bairro Jardim Glória tem a maior taxa de incidência da doença com relação ao tamanho da população residente no bairro.

Os próximos resultados, também obtidos com o programa TerraView, correspondem a uma análise mais detalhada sobre os casos de dengue, com o intuito de identificar as áreas com dependência espacial.

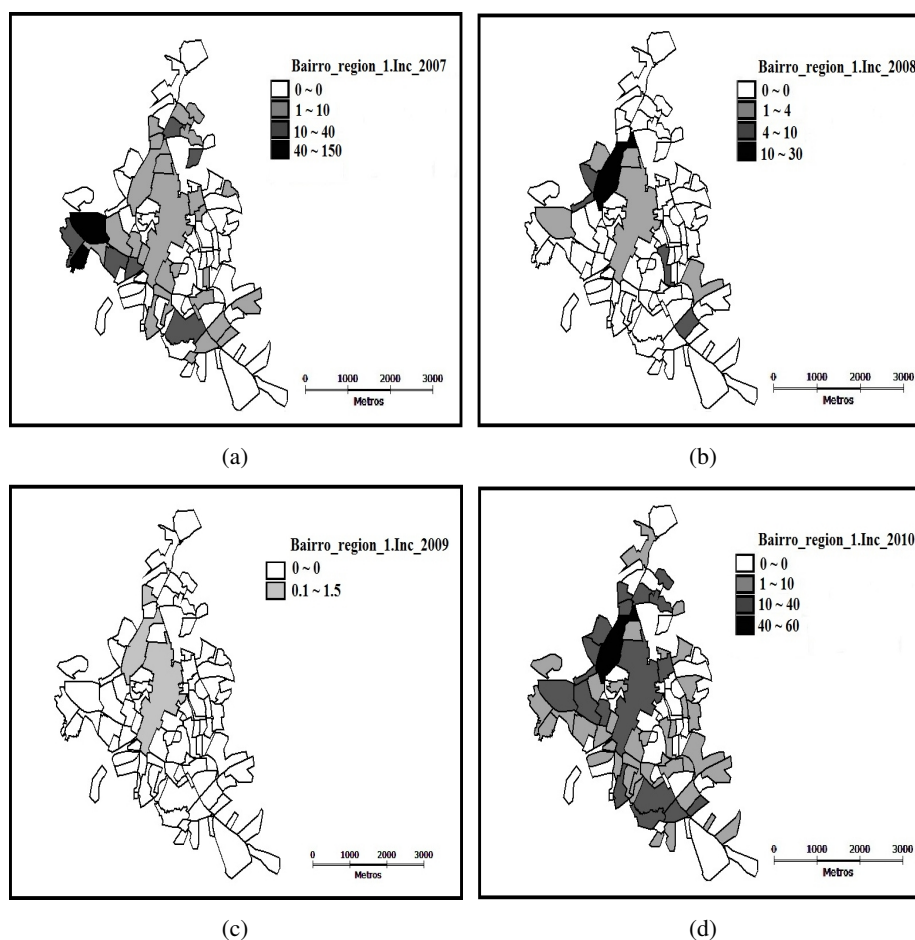


Figura 12 Incidência da dengue nos anos de (a) 2007; (b) 2008; (c) 2009; (d) 2010

### 4.3 Índice global de Moran ( $I$ )

Analisando a tabela 1, verifica-se que nos anos de 2007, 2008 e 2010, os valores do índice global de Moran ( $I$ ) ficam no intervalo de 0 à +1, que corresponde a uma correlação direta dos dados, ou seja, existe dependência espacial, sendo comprovado pelos valores-p abaixo de 0,05, onde rejeita-se a hipótese nula de independência espacial. No ano de 2009, o valor-p encontrado ficou acima de 0,05, que corresponde a região de aceitação da hipótese nula de independência

espacial, logo a hipótese alternativa de autocorrelação espacial é rejeitada.

TABELA 1 Valores do índice global de Moran ( $I$ )

Casos de Dengue	Valor do Índice Global de Moran ( $I$ )	valor-p
2007	0,113831	0,03
2008	0,107399	0,03
2009	-0,0233583	0,36
2010	0,0916972	0,04

Os valores encontrados para o índice global de Moran ( $I$ ) tem uma diferença mínima com relação aos anos de 2007, 2008 e 2010. No ano de 2010, o valor do índice é menor do que os anos de 2007 e 2008, ou seja, o aumento no número de casos de dengue não influencia no aumento do índice global de Moran ( $I$ ).

#### 4.4 Índice local de Moran

Uma característica do índice local de Moran, é que o cálculo do valor desse índice é feito para cada bairro, sendo uma análise de dependência espacial bem mais específica do que o índice global de Moran ( $I$ ).

Para gerar os mapas com a identificação dos conglomerados, de acordo com a figura 13, foi feita uma consulta nos valores-p calculados, onde foram localizados os bairros com o valor do índice local de Moran significativos. Os valores obtidos do índice local de Moran para todos os bairros e anos é apresentado na tabela 9 e a na tabela 10 estão os valores-p correspondentes ao índice local de Moran, disponíveis no apêndice.

No ano de 2007 o conglomerado 1 identificado com dependência espacial envolve os seguintes bairros: Cidade Nova e Caminho das Águas. O conglomerado 2 envolve os bairros: Novo Água Limpa, Água Limpa e Dona Julieta. O

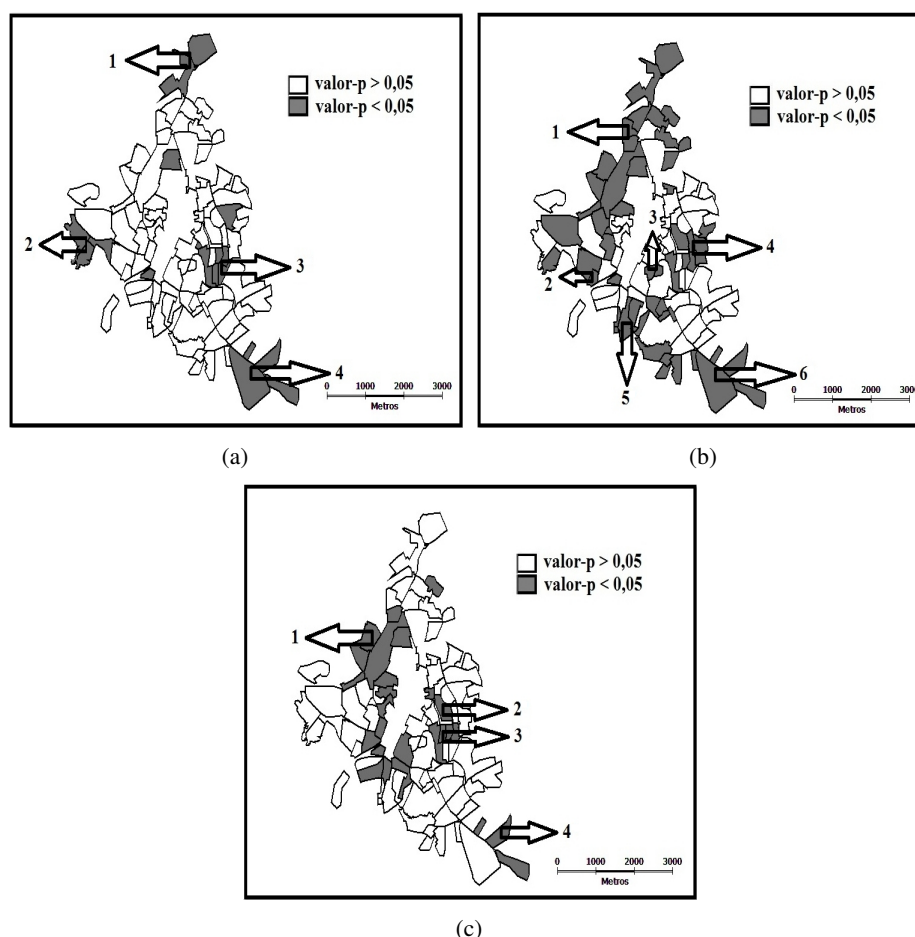


Figura 13 Bairros com dependência espacial nos anos de (a) 2007; (b) 2008; (c) 2010

conglomerado 3 envolve os bairros: Centenário, Santa Filomena, Nossa Senhora do Líbano, Monte Líbano I e Fátima. O conglomerado 4 envolve os bairros: Distrito Industrial, Aeroporto, Jardim Samauma e Vista Alegre.

No ano de 2008 o conglomerado 1 identificado com dependência espacial envolve os seguintes bairros: Cidade Nova, Caminho das Águas, Nossa Senhora de Lourdes, Vila Paraíso, Cohab II, Lavrinhas, Aqueça Sol, Esplanada, Cohab I, Vila Mariana, Jardim Glória, Vila São Francisco, Jardim Campestre II, Jardim Campestre, Condomínio Flamboyants, José Moura do Amaral, Parque dos Ipês,

Belizandra. O conglomerado 2 envolve os bairros: Serra Azul e Vila Murad. O conglomerado 3 envolve os bairros: Jardim São Paulo e Condomínio Aldeia de Sagre. O conglomerado 4 envolve os bairros: Monte Líbano II, Vossoroça, Monte Líbano, Monte Líbano I, Jardim Eldorado e Nossa Senhora do Líbano. O conglomerado 5 envolve os bairros: Artur Bernardes, Doutor João Ribeiro, Bicamente, Planalto, Costa Pinto, Anízio Alves de Abreu, Vila Cruzeiro do Sul, Núcleo Comunitário, São Camilo, Parque Bocaina, Paulo Menicucci, Pedro Silvestre, Serra Verde. O conglomerado 6 envolve os bairros: São Carlos, Distrito Industrial, Aeroporto, Jardim Samauma e Vista Alegre.

O ano de 2009 não entrou nas análises, pois o número de casos foi muito pequeno.

No ano de 2010 o conglomerado 1 identificado com dependência espacial envolve os seguintes bairros: Nossa Senhora de Lourdes, Vila Mariana, Jardim Glória, Vila São Francisco, Jardim Campestre II, José Moura do Amaral, Vila Nilton Teixeira, Jardim das Acácias, Dona Flor, Vila Murad, Condomínio Jardim das Palmeiras, Ouro Preto, José Vilela, Vila Vera Cruz e Retiro. O conglomerado 2 envolve os bairros: Ipes e Vossoroça. O conglomerado 3 envolve os bairros: Centenário, Presidente Kenedy, Nossa Senhora do Líbano e Monte Líbano I. O conglomerado 4 envolve os bairros: Jardim Samauma e Vista Alegre.

Através da identificação dos conglomerados em cada ano, pode-se notar que no ano de 2007 foram identificados três bairros como observações atípicas, ou seja, não fazem parte de nenhum conglomerado, que são os bairros: Vila São Francisco, Condomínio Jardim das Palmeiras e Vila Pitangui. Em 2008 foram identificados quatro bairros: Água Limpa, Condomínio Jardim das Palmeiras, Vila Ester e Centenário. Em 2010 foram identificados dois bairros: Nossa Senhora de Lourdes e Aeroporto.



Analisando os três anos, o ano de 2008 foi o que apresentou mais conglomerados, ou seja, os casos registrados nesse ano estão mais agrupados.

A seguir serão apresentados os resultados correspondentes as análises espacial e espaço-temporal realizados no programa SaTScan.

#### 4.5 Mapas da análise de varredura espacial

Através dos dados apresentados na tabela 2, pode-se notar que os prováveis *clusters* identificados apresentam significância estatística para o teste da razão de verossimilhança. Dos resultados obtidos o provável *cluster* para o ano de 2007 envolve os bairros: Novo Água Limpa, Água Limpa e Vila Joaquim Sales. No ano

TABELA 2 Valores da análise espacial

Ano	População	Razão de Verossimilhança	Valor-p	IDs <sup>1</sup> dos Prováveis Clusters
2007	87319	523,2	$< 1 \times 10^{-17}$	202, 21, 201,
2008	91230	112,2	$< 1 \times 10^{-17}$	179, 84, 183,
2010	92062	131,8	$< 1 \times 10^{-17}$	83, 81, 84, 90, 80, 73, 179, 68, 74, 28, 79, 75, 67, 171

de 2008 o provável *cluster* envolve os bairros: Jardim Campestre II, Jardim Glória e Jardim Campestre. No ano de 2010 o provável *cluster* envolve os bairros: Vila São Francisco, Vila Mariana, Jardim Glória, Jardim Europa, Cohab I, Esplanada, Jardim Campestre II, Vila Ester, Lavrinhas, José Moura do Amaral, Cohab II, Vila Paraíso, Nova Lavras e Centro. O ano de 2009 não é analisado, ocorreram poucos

<sup>1</sup>Identificadores no banco de dados geográficos

de casos de dengue.

Na figura 14 pode-se visualizar os *clusters* identificados na análise espacial.



Figura 14 Análise espacial dos anos de (a) 2007; (b) 2008; (c) 2010

Esses mapas foram gerados no programa TerraView, pois o SaTScan só realiza as análises estatísticas, devido a não possuir a interface para gráficos.

No provável *cluster* referente ao ano de 2007, o tamanho da população nele corresponde a 4.294, tendo um registro de 269 casos de dengue. Em 2008, o tamanho da população é de 3.647, com um registro de 50 casos de dengue. Em

2010, o tamanho da população é de 23.551, com um registro de 387 casos de dengue.

O *cluster* referente ao ano de 2010 tem o maior número de bairros com dependência espacial, sendo contabilizados 14, em comparação com os anos de 2007 e 2008, ou seja, como esses bairros estão próximos, logo tendem a serem parecidos.

Comparando os conglomerados encontrados na análise do índice local de Moran com a análise de varredura espacial, no ano de 2007 os bairros que coincidiram com dependência espacial foram: Novo Água Limpa e Água Limpa. Em 2008 foram: Jardim Glória, Jardim Campestre II e Jardim Campestre. Em 2010 foram: Vila São Francisco, Vila Mariana, Jardim Glória, Jardim Campestre II, José Moura do Amaral.

Esses bairros em específico, que coincidiram nas duas análises, merecem mais atenção, pois representam potenciais *clusters*.

#### 4.6 Mapa da análise de varredura espaço-temporal

Visualizando a tabela 3 com os resultados da análise espaço-tempo, pode-se concluir que o provável *cluster*, cujo teste estatístico é significativo, envolve os seguintes bairros: Novo Água Limpa, Água Limpa e Vila Joaquim Sales.

TABELA 3 Valores da análise espaço-tempo

Período	2007 a 2010
Estatística do teste	81,8
Valor-p	$< 1 \times 10^{-17}$
IDs dos <i>clusters</i> identificados	202, 21, 201

Um fato curioso na análise espaço-tempo diz respeito ao *cluster* identifi-

cado como o mais provável durante os quatro anos, pois corresponde exatamente ao da análise de varredura espacial referente ao ano de 2007, de acordo com a figura 15. Situação contraditória, pois no ano de 2010 foi registrado o maior número de casos de dengue. Entretanto, o fator determinante nesta análise está no fato de que os casos de dengue no ano de 2010 estão mais distribuídos entre os bairros, caso que não ocorre no ano de 2007.

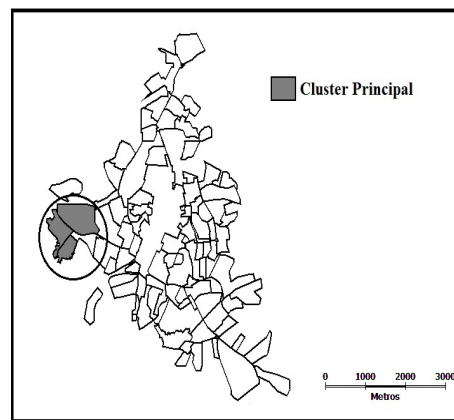


Figura 15 Análise espaço-tempo dos anos de 2007 a 2010

Analisando os quatro anos, os bairros que registraram dengue em todos os anos foram: Centro e Jardim Glória, ou seja, há persistência da doença.

## **5 CONCLUSÃO**

Com as análises realizadas, os bairros identificados como as áreas mais críticas com relação ao registro de casos de dengue, foram: Novo Água Limpa, Água Limpa e Vila Joaquim Sales. Logo, os agentes comunitários de saúde devem ser direcionadas para esses locais em específico. Aumentando as fiscalizações e as campanhas de conscientização da população, pois a dengue é uma doença que pode levar a morte e a melhor maneira de prevenção é a eliminação dos criadouros do mosquito.

## REFERÊNCIAS

ANSELIN, L. Interactive techniques and exploratory spatial data analysis. In: P. Longley, M. Goodchild, D. Maguire and D. Rhind (eds.), **Geographical Information Systems: principles, techniques, management and applications**. Cambridge: Geoinformation International, (1999).

ASSUNÇÃO, R. M. **Estatística espacial com aplicações em epidemiologia, economia e sociologia**. 1. ed. São Carlos: Associação Brasileira de Estatística, v. 1, p. 131, 2000.

BAILEY, T. C.; GATRELL, A. C. **Interactive spatial data analysis**. 1. ed. Essex, Longman Scientific e Technical, 1995.

BALIEIRO, A. A. S. **Deteção de conglomerados dos alertas de desmatamentos no estado do Amazonas usando estatística de varredura espaço-temporal**. 2008. 87 p. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

BARBOSA, P. R. M.; RODRIGUES, W. C.; CABRAL, M. M. O. Incidência das formas imaturas de *Aedes albopictus* (Skuse) e *Aedes aegypti* (Linnaeus) no município de Miguel Pereira, RJ, Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 3, n. 2, p. 55-58, 2010.

BEATO FILHO, C. C. et al. Conglomerados de homicídios e o tráfico de drogas em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, de 1995 a 1999. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 5, p. 1163-1171, set./out., 2001.

BONITA, R.; BEAGLEHOLE, R.; KJELLSTRÖM, T. **Epidemiologia básica**. Organização Mundial da Saúde, 2. ed., 2006.

BRAGA, A. S. et al. Estudo de dependência espacial utilizando análise de dados de área aplicada na mesorregião metropolitana de Belo Horizonte por meio do indicador econômico **PIB. 19º SINAPE**, 2010.

BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: vigilância, monitoramento da resistência e alternativas de controle no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 16, n. 4, p. 295-302, out./dez. 2007.

CÂMARA, G. DAVIS, C. **Introdução: Por que geoprocessamento?** São José dos Campos. INPE, 2001. Disponível em: <<http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.13.48/doc/cap1-introducao.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

CÂMARA, G. et al. **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>>. Acesso em: 02 ago. 2010.

CARNEIRO, D. D. T. **Geoprocessamento e análise espacial de varredura no estado-da-arte da Leishmaniose Visceral Americana na região Centro-Leste da Bahia, Brasil**. 2007. 185 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal nos Trópicos) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

COSTA, M. A. **Notas de aula: Curso de introdução à estatística espacial**, UFLA, 2011.

COSTA, M.A.; SCHERRER, L.R.; ASSUNÇÃO, R.M. Detecção de conglomerados espaciais com geometria arbitrária. **Informática Pública**, v. 8, n. 1, p. 23-34, 2006.

CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. New York, NY: Wiley, 1991.

Diggle, P. J. Statistical analysis of spatial point patterns. **Hodder Education Publishers**, 2 ed., p. 159, 2003.

FLAUZINO, R. F. et al. Heterogeneidade espacial da dengue em estudos locais, Niterói, RJ. **Revista de Saúde Pública**, v. 43, n. 6, p. 1035-1043, 2009.

FRANCELINO, M. R. **Introdução ao geoprocessamento**. Apostila. Caratinga, 2003.

GRIFFITH, D. A.; PAELINCK, J. H. P. Non-standard spatial statistics and spatial econometrics. **Advances in Geographic Information Science**, v. 1, 2011.

GUIMARÃES, A. E. Dengue no Brasil. **Fiocruz**. Disponível em: <[http://www.vestibular1.com.br/revisao/dengue\\_brasil.doc](http://www.vestibular1.com.br/revisao/dengue_brasil.doc)>. Acesso em: 12 ago. 2010.

HERZLICH, C. Fragilidade da vida e desenvolvimento das ciências sociais no campo da saúde. **Revista de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 193-203, 2005.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=313820#>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

JEEFOO, P.; TRIPATHI, N. K.; SOURIS, M. Spatio-temporal diffusion pattern and hotspot detection of dengue in Chachoengsao Province, Thailand. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 8, n. 1, p. 51-74, 2011.

KNOX, E.G. **Detection of clusters. In: Methodology of enquiries into disease clustering.** ELLIOTT, P. (editor). London, Small Area Health Statistics Unit, 1989.

KULLDORFF, M. **SaTScan<sup>TM</sup> User Guide.** July 2010.

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

KULLDORFF, M. et al. Evaluating cluster alarms: A space-time scan statistic and brain cancer in Los Alamos, New Mexico. **American Journal of Public Health**, v. 88, n. 9, p. 1377-1380, sep. 1998.

KULLDORFF, M.; NARGAWALLA, N. Spatial disease clusters: Detection and inference. **Statistics in Medicine**, v. 14, 8. ed., p. 799-810, apr. 1995.

LEITE, M. E.; ABREU, K. K. R. C. Sistema de Informação Geográfica aplicado à distribuição do caso de dengue na microrregião de Pirapora - MG. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**. Hygeia, v. 5, n. 9, p. 63-76, dez. 2009.

MACHADO, J. P.; OLIVEIRA, R. M.; SANTOS, R. S. Análise espacial da ocorrência de dengue e condições de vida na cidade de Nova Iguaçu, estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 5, p. 1025-1034, mai. 2009.



MAFRA, A. A. et al. **Linha guia de atenção à saúde - Dengue**. 1. ed. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2009.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Dengue instruções para pessoal de combate ao vetor : manual de normas técnicas**, 3. ed. Brasília, 2001.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Doenças infecciosas e parasitárias: guia de bolso**. 6. ed. Dengue: p. 89-94. Brasília, 2006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Tudo que você precisa saber sobre a dengue**. Disponível em: <<http://www.dengue.org.br/index.html>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **O agente comunitário de saúde no controle da dengue**. Brasília, 2009.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Balanço dengue - semana epidemiológica 1 a 39 de 2011**. Disponível em: <[http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/informe\\_dengue\\_2011\\_37\\_39.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/informe_dengue_2011_37_39.pdf)>. Acesso em: 24 fev. 2012a.

MONDINI, A. et al. Spatial analysis of dengue transmission in a medium-sized city in Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 39, n. 3, 2005.

MONDINI, A.; NETO, F. C. Variáveis socioeconômicas e a transmissão de dengue. **Revista de Saúde Pública**, v. 41, n. 6, p. 923-930, 2007.

MONTEIRO, E. S. C. et al. Aspectos epidemiológicos e vetoriais da dengue na cidade de Teresina, Piauí - Brasil, 2002 a 2006. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 18, n. 4, p. 365-374, out./dez. 2009.

MORRISON, A. C. et al. Exploratory space-time analysis of reported dengue cases during an outbreak in Florida, Puerto Rico, 1991-1992. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 58, n. 3, p. 287-298, mar. 1998.

NASCIMENTO, P. S. R. et al. Análise espaço-temporal da incidência dos casos de dengue no Rio Grande do Norte entre os anos de 2004 e 2007. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, INPE, p. 7561-7568, abr. 2009.

PINA, M. F.; SANTOS, S. M. **Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e cartografia aplicados à saúde**. OPAS, Brasília, 2000.

ROJAS, L. I.; BARCELLOS, C.; PEITER, P. Utilização de mapas no campo da epidemiologia no Brasil: Reflexões sobre trabalhos apresentados no IV Congresso Brasileiro de Epidemiologia. **Informe Epidemiológico do SUS**, v. 8, n. 2, p. 27-35, 1999.

ROTELA, C. et al. Space-time analysis of the dengue spreading dynamics in the 2004 Tartagal outbreak, Northern Argentina. **Acta Tropica**, v. 103, 1. ed., p. 1-13, jul. 2007.

SCANDAR, S. A. S. et al. Dengue em São José do Rio Preto, estado de São Paulo, Brasil, 1990 a 2005: fatores entomológicos, ambientais e socioeconômicos. **BEPA, Boletim Epidemiológico Paulista**, v. 7, n. 81, p. 4-16, 2010.

SCHMIDT, W. P. et al. Population density, water supply, and the risk of dengue fever in Vietnam: Cohort study and spatial analysis. **PLoS Medicine**, v. 8, 8. ed., aug. 2011.

SILVA, J. B.; BARROS, M. B. A. Epidemiologia e desigualdade: notas sobre a teoria e a história. **Revista Panamericana de Salud Publica**, v. 12, n. 6, 2002.

TEIXEIRA, T. R. A.; MEDRONHO, R. A. Indicadores sócio-demográficos e a epidemia de dengue em 2002 no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 24, n. 9, p. 2160-2170, set. 2008.

TEIXEIRA, M. G.; BARRETO, M. L.; GUERRA, Z. Epidemiologia e medidas de prevenção do dengue. **Informe Epidemiológico do SUS**, v. 8, n. 4, p. 5-33, 1999.

TRAN, A. et al. Dengue spatial and temporal patterns, French Guiana, 2001. **Emerging Infectious Diseases**, v. 10, n. 4, apr. 2004.

VARELLA, D. *Aedes aegypti*. Disponível em:  
<<http://drauziovarella.com.br/doencas-e-sintomas/aedes-aegypti>>. Acesso em: 13 jan. 2012.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Dengue and dengue haemorrhagic fever**. Mar. 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Dengue in the Western Pacific Region**. Disponível em:  
<[http://www.wpro.who.int/health\\_topics/dengue/overview.htm2010](http://www.wpro.who.int/health_topics/dengue/overview.htm2010)>. Acesso em: 26 jan. 2012.

## ANEXO A

A seguir serão apresentadas a tabela 4 referente aos bairros da cidade de Lavras, tabela 5 referente aos dados do ano de 2007, tabela 6 referente aos dados do ano de 2008, tabela 7 referente aos dados do ano de 2009 e tabela 8 referente aos dados do ano de 2010.

Na figura 16 temos a visualização do mapa da cidade de Lavras com as identificações das IDs observadas na tabela 4.

TABELA 4 Bairros da cidade de Lavras

IDs	Bairros
0	Ouro Verde
1	Jardim Samauma
2	Aeroporto
3	Distrito Industrial
4	São Carlos
5	Serra Verde
6	Pedro Silvestre
8	Paulo Menicucci
12	Jardim das Magnólias
13	Alvorada
14	Vale do Sol
17	Jardim Vila Rica
21	Água Limpa
27	Morada do Sol
28	José Moura do Amaral
29	Vila Nilton Teixeira
30	Vila Rosalina
33	Vila Murad
34	Vila Murad I
35	Condomínio Jardim das Palmeiras
36	José Vilela
37	Ouro Preto
39	Retiro
40	Jardim São Paulo
41	Condomínio Aldeia de Sagre
42	Padre Dehon
43	Presidente Kenedy
44	Santa Filomena
45	Fátima
51	Nossa Senhora Aparecida
52	Vila Vera Cruz
53	Costa Pinto
54	Vila Cruzeiro do Sul
55	Anizio Alves de Abreu
56	Bicame
57	Doutor João Ribeiro

---

IDs	Bairros
58	Artur Bernardes
59	Vila Martins
63	Vila Alzira
65	Belo Horizonte
66	Olaria
67	Nova Lavras
68	Vila Ester
69	Jardim das Alterosas
70	Jardim América
71	Vila Bandeirantes
72	Aqueanta Sol
73	Esplanada
74	Lavrinhas
75	Vila Paraíso
76	Nossa Senhora de Lourdes
77	Caminho das Águas
79	Cohab II
80	Cohab I
81	Vila Mariana
83	Vila São Francisco
84	Jardim Glória
87	Serra Azul
88	João da Cruz Botrel
89	Cidade Nova
90	Jardim Europa
91	Ipes
94	Nossa Senhora do Líbano
99	Condomínio Stone Village
101	São Camilo
102	Núcleo Comunitário
103	Centenário
107	Vossoroça
108	Monte Líbano
109	Monte Líbano I
110	Jardim Eldorado
116	Vista Alegre
136	Cascalho

---

---

IDs	Bairros
138	Vila Pitangui
139	Monte Líbano II
169	Parque dos Ipês
170	Jardim das Acácias
171	Centro
174	Dona Flor
176	São Vicente
177	Belizandra
178	Condomínio Flamboyants
179	Jardim Campestre II
183	Jardim Campestre
184	Jardim Bela Vista
186	Planalto
190	Santa Efigênia
194	Jardim Floresta
195	Parque Bocaina
196	Dona Julieta
201	Vila Joaquim Sales
202	Novo Água Limpa

---

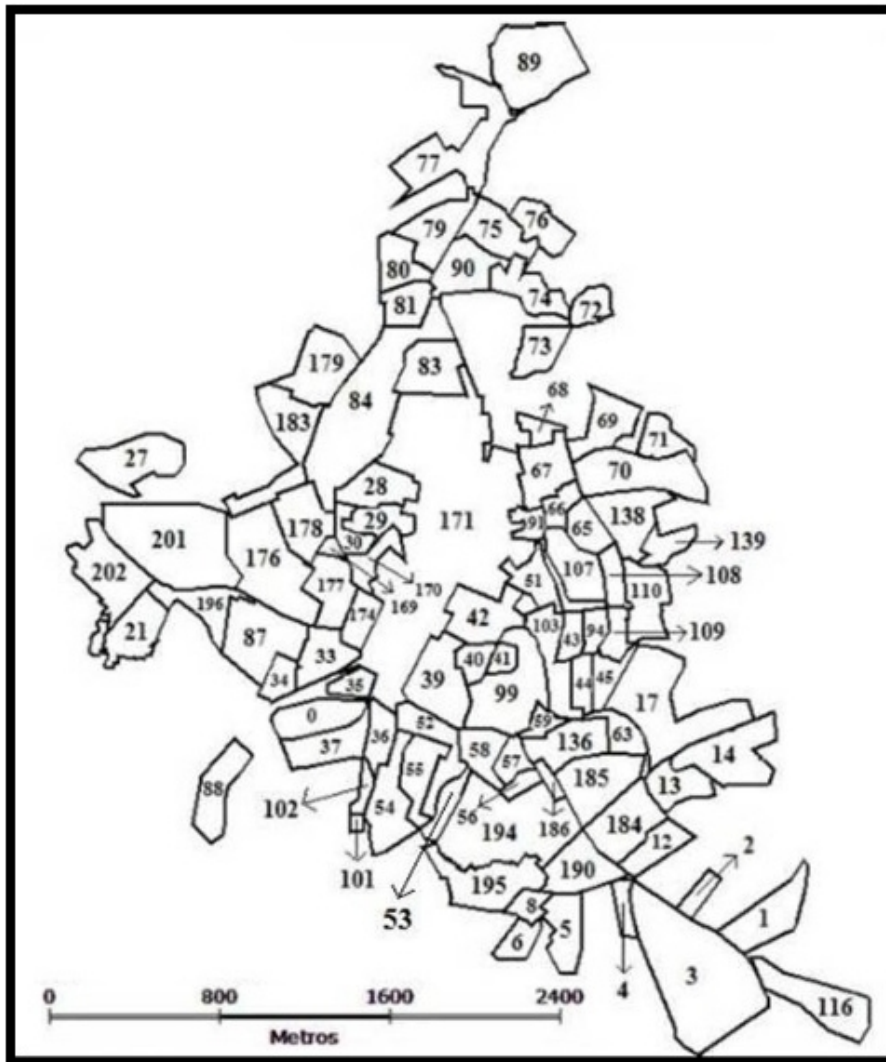


Figura 16 Identificação dos bairros da cidade de Lavras



TABELA 5 Dados referentes ao ano de 2007

Bairros	População	Nº de Casos	Incidência/1.000 hab.
Água Limpa	1289	160	124,13
Belizandra	798	2	2,51
Cascalho	521	2	3,84
Centro	6616	44	6,65
Cohab I	683	3	4,39
Dona Flor	798	1	1,25
Dona Julieta	550	1	1,82
Esplanada	828	9	10,87
Ipes	1105	1	0,90
Jardim Bela Vista	236	2	8,47
Jardim das Acácias	1149	1	0,87
Jardim das Alterosas	1103	1	0,91
Jardim das Magnólias	236	1	4,24
Jardim Europa	683	9	13,18
Jardim Floresta	888	12	13,51
Jardim Glória	2390	19	7,95
Jardim São Paulo	1103	3	2,72
Lavrinhas	828	2	2,42
Nossa Senhora de Lourdes	828	1	1,21
Novo Água Limpa	1289	27	20,95
Nova Lavras	798	2	2,51
Olaria	1105	2	1,81
Paulo Menicucci	809	1	1,24
Planalto	521	2	3,84
Retiro	1103	2	1,81
Santa Efigênia	809	1	1,24
Santa Filomena	403	1	2,48
São Vicente	1716	7	4,08
Serra Azul	550	6	10,91
Vale do Sol	673	2	2,97
Vila Bandeirantes	1103	2	1,81
Vila Cruzeiro do Sul	1325	4	3,02
Vila Joaquim Sales	1716	82	47,79
Vila Mariana	683	1	1,46
Vila Murad	1009	14	13,86

Bairros	População	Nº de Casos	Incidência/1.000 hab.
Vila Paraíso	683	1	1,46
Vila Pitangui	1103	1	0,91
Vila São Francisco	4965	8	1,61
Vila Vera Cruz	888	2	2,25

TABELA 6 Dados referentes ao ano de 2008

Bairros	População	Nº de Casos	Incidência/1.000 hab.
Centenário	421	2	4,75
Centro	6913	13	1,88
Jardim América	1153	1	0,87
Jardim Bela Vista	246	1	4,07
Jardim Campestre	575	3	5,22
Jardim Campestre II	575	2	3,48
Jardim Glória	2497	45	18,02
Jardim Vila Rica	703	1	1,42
João da Cruz Botrel	2694	2	0,74
Vila Joaquim Sales	1793	2	1,12
Vila São Francisco	5187	5	0,96

TABELA 7 Dados referentes ao ano de 2009

Bairros	População	Nº de Casos	Incidência/1.000 hab.
Centro	6963	1	0,14
Cohab I	718	1	1,40
Jardim Glória	2516	1	0,40

TABELA 8 Dados referentes ao ano de 2010

Bairros	População	Nº de Casos	Incidência/1.000 hab.
Aeroporto	248	1	4,03
Água Limpa	1359	4	2,94
Anizio Alves de Abreu	937	1	1,07
Aquenta Sol	873	1	1,15
Artur Bernardes	937	6	6,40
Belizandra	841	11	13,08
Bicame	549	1	1,82
Caminho das Águas	720	6	8,33
Cascalho	549	4	7,29
Centenário	425	3	7,06
Centro	6976	176	25,23
Cohab I	720	11	15,28
Condomínio Flamboyants	2520	4	1,59
Condomínio Jardim das Palmeiras	580	1	1,72
Costa Pinto	937	4	4,27
Dona Flor	841	2	2,38
Dona Julieta	580	4	6,90
Ipes	1165	1	0,86
Jardim América	1163	1	0,86
Jardim Bela Vista	248	1	4,03
Jardim Campestre	580	8	13,79
Jardim Campestre II	580	8	13,79
Jardim das Acácias	1212	1	0,83
Jardim das Alterosas	1163	1	1,72
Jardim das Magnólias	248	3	12,10
Jardim Eldorado	425	3	7,06
Jardim Europa	720	8	11,11
Jardim Floresta	937	32	34,15
Jardim Glória	2520	102	40,87
Jardim São Paulo	1163	3	2,58
Jardim Vila Rica	709	6	8,46
João da Cruz Botrel	2719	2	0,74
José Vilela	1397	6	4,29
Lavrinhas	873	14	16,04
Monte Líbano	425	2	4,71
Morada do Sol	1809	4	2,21

Bairros	População	Nº de Casos	Incidência/1.000 hab.
Nossa Senhora de Lourdes	873	9	10,31
Nova Lavras	841	14	16,65
Novo Água Limpa	1359	4	2,94
Ouro Verde	580	1	1,72
Parque Bocaina	853	11	12,90
Pedro Silvestre	853	3	3,52
Presidente Kenedy	425	1	4,08
Retiro	1163	5	4,30
Santa Efigênia	853	17	19,93
São Vicente	1809	22	12,16
Serra Azul	580	5	8,62
Serra Verde	853	2	2,34
Vale do Sol	709	1	1,41
Vila Alzira	549	4	7,29
Vila Bandeirantes	1163	1	0,86
Vila Cruzeiro do Sul	1397	44	31,50
Vila Ester	841	1	1,20
Vila Joaquim Sales	1809	50	27,64
Vila Mariana	720	12	16,67
Vila Martins	549	2	3,64
Vila Murad	1064	4	3,76
Vila Nilton Teixeira	1212	2	1,65
Vila Pitangui	1163	4	3,44
Vila São Francisco	5235	40	7,64
Vila Vera Cruz	937	6	6,40

## APÊNDICE A

A seguir serão apresentadas a tabela 9 referente ao índice local de Moran e a tabela 10 referente aos valores-p encontrados no teste de significância do índice local de Moran.

TABELA 9 Índice local de Moran

Bairros	Índice local de Moran			
	2007	2008	2009	2010
Aeroporto	0,06	0,03	0,03	0,10
Água Limpa	4,12	0,03	0,03	0,03
Alvorada	0,05	0,01	0,03	0,07
Anizio Alves de Abreu	0,03	0,03	0,03	-0,14
Aqueanta Sol	-0,01	0,03	0,03	$5 \times 10^{-3}$
Artur Bernardes	0,03	0,03	0,03	$1 \times 10^{-3}$
Belizandra	$5 \times 10^{-3}$	0,03	0,03	-0,01
Belo Horizonte	0,05	0,02	0,03	0,09
Bicame	0,01	0,03	0,03	-0,03
Caminho das Águas	0,06	0,03	0,03	0,02
Cascalho	0,03	0,02	0,03	0,04
Centenário	0,05	-0,04	0,03	0,06
Centro	-0,20	1,06	0,78	0,99
Cidade Nova	0,06	0,03	0,03	0,02
Cohab I	$-1 \times 10^{-3}$	0,03	-1,00	0,02
Cohab II	0,02	0,03	0,03	0,04
Condomínio Aldeia de Sagre	0,05	0,03	0,03	0,10
Condomínio Flamboyants	$-8 \times 10^{-4}$	-0,25	-0,14	-0,12
Condomínio Jardim das Palmeiras	-0,51	-0,43	-1,00	-2,27
Condomínio Stone Village	0,05	0,02	0,03	0,08
Costa Pinto	0,01	0,03	0,03	-0,07
Distrito Industrial	0,06	0,03	0,03	0,11
Dona Flor	-0,08	-0,06	-0,17	-0,35
Dona Julieta	-0,53	0,01	0,03	-0,07
Doutor João Ribeiro	0,05	0,03	0,03	0,08
Esplanada	-0,06	0,03	0,03	0,10
Fátima	0,06	0,02	0,03	0,08
Ipes	-0,03	-0,05	-0,14	-0,33
Jardim América	0,04	$-6 \times 10^{-3}$	0,03	0,05
Jardim Bela Vista	0,02	$-6 \times 10^{-3}$	0,03	-0,03
Jardim Campestre	-0,03	1,06	-0,23	0,03
Jardim Campestre II	-0,06	1,22	-0,48	0,06
Jardim das Acácias	-0,02	-0,04	-0,12	-0,27
Jardim das Alterosas	0,04	0,01	0,03	$-1 \times 10^{-3}$
Jardim das Magnólias	0,03	0,01	0,03	-0,01

Bairros	Índice local de Moran			
	2007	2008	2009	2010
Jardim Eldorado	0,06	0,03	0,03	0,06
Jardim Europa	$-3 \times 10^{-3}$	-0,24	-0,31	0,02
Jardim Floresta	-0,08	0,02	0,03	-0,12
Jardim Glória	0,09	3,40	2,60	4,20
Jardim Samauma	0,06	0,03	0,03	0,12
Jardim São Paulo	0,02	0,03	0,03	0,06
Jardim Vila Rica	0,05	$-6 \times 10^{-3}$	0,03	0,02
João da Cruz Botrel	0	0	0	0
José Moura do Amaral	-0,14	-0,48	-0,48	-0,98
José Vilela	-0,07	-0,06	-0,17	-0,11
Lavrinhas	$9 \times 10^{-3}$	0,03	0,03	-0,06
Monte Líbano	0,06	0,03	0,03	0,07
Monte Líbano I	0,06	0,03	0,03	0,10
Monte Líbano II	0,05	0,03	0,03	0,06
Morada do Sol	0	0	0	0
Nossa Senhora Aparecida	-0,02	-0,05	-0,12	-0,29
Nossa Senhora de Lourdes	0,04	0,03	0,03	-0,02
Nossa Senhora do Líbano	0,06	0,03	0,03	0,11
Nova Lavras	-0,02	-0,05	-0,14	0,31
Novo Água Limpa	4,82	$4 \times 10^{-3}$	0,03	-0,09
Núcleo Comunitário	0,05	0,03	0,03	-0,08
Olaria	0,03	0,02	0,03	0,06
Ouro Preto	-0,13	-0,12	-0,31	-0,83
Ouro Verde	0	0	0	0
Padre Dehon	-0,02	-0,04	-0,10	-0,25
Parque Bocaina	$-8 \times 10^{-4}$	0,03	0,03	0,07
Parque dos Ipês	0,05	0,03	0,03	0,05
Paulo Menicucci	0,04	0,03	0,03	-0,01
Pedro Silvestre	0,05	0,03	0,03	0,06
Planalto	0,01	0,03	0,03	$9 \times 10^{-5}$
Presidente Kenedy	0,06	0,01	0,03	0,09
Retiro	-0,03	-0,05	-0,14	-0,12
Santa Efigênia	0,03	0,02	0,03	-0,03
Santa Filomena	0,05	0,01	0,03	0,09
São Camilo	0,03	0,03	0,03	-0,23
São Carlos	0,05	0,03	0,03	-0,02

Bairros	Índice local de Moran			
	2007	2008	2009	2010
São Vicente	0,07	$3 \times 10^{-3}$	0,03	0,15
Serra Azul	$3 \times 10^{-3}$	0,03	0,03	$-4 \times 10^{-4}$
Serra Verde	0,05	0,03	0,03	0,008
Vale do Sol	0,03	0,01	0,03	0,06
Vila Alzira	0,05	0,01	0,03	0,04
Vila Bandeirantes	0,03	$-6 \times 10^{-3}$	0,03	0,09
Vila Cruzeiro do Sul	$7 \times 10^{-3}$	0,03	0,03	-0,35
Vila Ester	0,03	0,03	0,03	-0,09
Vila Joaquim Sales	1,54	-0,04	-0,03	0,23
Vila Mariana	-0,06	-0,50	-0,66	0,32
Vila Martins	0,05	0,01	0,03	0,06
Vila Murad	0,14	-0,05	-0,14	-0,20
Vila Murad I	-0,07	0,03	0,03	0,05
Vila Nilton Teixeira	-0,09	-0,09	-0,23	-0,42
Vila Paraíso	0,02	0,03	0,03	$-5 \times 10^{-3}$
Vila Pitangui	0,05	0,02	0,03	0,04
Vila Rosalina	0,02	-0,24	-0,14	-0,17
Vila São Francisco	0,26	5,20	-1,00	9,03
Vila Vera Cruz	-0,02	-0,04	-0,12	-0,08
Vista Alegre	0,06	0,03	0,03	0,12
Vossoroça	0,05	0,03	0,03	0,12



TABELA 10 Valores-p do índice local de Moran

Bairros	Valor-p			
	2007	2008	2009	2010
Aeroporto	0	0	0	0
Água Limpa	0,04	0	0	0,58
Alvorada	0,45	0,81	0	0,44
Anizio Alves de Abreu	0	0	0	0,07
Aqueanta Sol	0,15	0	0	0,80
Artur Bernardes	0,57	0	0	0,64
Belizandra	0,72	0	0	0,59
Belo Horizonte	0,34	0,53	0	0,12
Bicame	0,74	0	0	0,23
Caminho das Águas	0	0	0	0,15
Cascalho	0,20	0,60	0	0,14
Centenário	0,03	0	0	0,03
Centro	0,57	0,06	0,04	0,09
Cidade Nova	0	0	0	0,82
Cohab I	0,15	0	0	0,16
Cohab II	0,77	0	0	0,62
Condomínio Aldeia de Sagre	0,50	0	0	0,16
Condomínio Flamboyants	0,28	0,01	0,006	0,08
Condomínio Jardim das Palmeiras	0,04	0,02	0	0
Condomínio Stone Village	0,13	0,56	0	0,14
Costa Pinto	0,73	0	0	0,11
Distrito Industrial	0	0	0	0,06
Dona Flor	0,11	0,08	0,16	0,03
Dona Julieta	0	0,64	0	0,12
Doutor João Ribeiro	0,26	0	0	0,24
Esplanada	0,62	0	0	0,37
Fátima	0,03	0,46	0	0,25
Ipes	0,15	0,13	0,01	0,04
Jardim América	0,43	0,50	0	0,45
Jardim Bela Vista	0,55	0,50	0	0,24
Jardim Campestre	0,17	0,003	0,006	0,05
Jardim Campestre II	0,10	0,001	0,002	0,04
Jardim das Acácias	0,19	0,12	0,21	0,04
Jardim das Alterosas	0,50	0,85	0	0,22
Jardim das Magnólias	0,73	0,82	0	0,18

Bairros	Valor-p			
	2007	2008	2009	2010
Jardim Eldorado	0,13	0	0	0,11
Jardim Europa	0,72	0,05	0,001	0,09
Jardim Floresta	0,25	0,35	0	0,60
Jardim Glória	0,21	0	0,20	0,001
Jardim Samauma	0	0	0	0
Jardim São Paulo	0,25	0	0	0,19
Jardim Vila Rica	0,23	0,63	0	0,15
João da Cruz Botrel	0,99	0,99	0,99	0,99
José Moura do Amaral	0	0	0	0
José Vilela	0,13	0,07	0,15	0,006
Lavrinhas	0,73	0	0	0,48
Monte Líbano	0,13	0	0	0,12
Monte Líbano I	0	0	0	0,05
Monte Líbano II	0,31	0	0	0,55
Morada do Sol	0,99	0,99	0,99	0,99
Nossa Senhora Aparecida	0,22	0,09	0,23	0,07
Nossa Senhora de Lourdes	0,60	0	0	0
Nossa Senhora do Líbano	0,04	0	0	0,004
Nova Lavras	0,14	0,08	0,01	0,06
Novo Água Limpa	0	0,88	0	0,09
Núcleo Comunitário	0,43	0	0	0,15
Olaria	0,36	0,55	0	0,46
Ouro Preto	0,07	0,06	0,003	0,01
Ouro Verde	0,99	0,99	0,99	0,99
Padre Dehon	0,21	0,11	0,02	0,08
Parque Bocaina	0,20	0	0	0,10
Parque dos Ipês	0,43	0	0	0,54
Paulo Menicucci	0,12	0	0	0,26
Pedro Silvestre	0,34	0	0	0,32
Planalto	0,64	0	0	0,68
Presidente Kenedy	0,13	0,61	0	0,04
Retiro	0,16	0,13	0,007	0,04
Santa Efigênia	0,54	0,36	0	0,62
Santa Filomena	0	0,61	0	0,22
São Camilo	0,75	0	0	0,10
São Carlos	0,34	0	0	0,16

Bairros	Valor-p			
	2007	2008	2009	2010
São Vicente	0,09	0,78	0	0,15
Serra Azul	0,18	0	0	0,25
Serra Verde	0,35	0	0	0,75
Vale do Sol	0,33	0,81	0	0,57
Vila Alzira	0,18	0,74	0	0,11
Vila Bandeirantes	0	0,12	0	0,49
Vila Cruzeiro do Sul	0,09	0	0	0,38
Vila Ester	0,84	0	0	0,08
Vila Joaquim Sales	0,06	0	0	0,16
Vila Mariana	0,09	0,02	0	0,04
Vila Martins	0,22	0,82	0	0,26
Vila Murad	0,14	0,12	0,01	0,007
Vila Murad I	0,08	0	0	0,62
Vila Nilton Teixeira	0,11	0,06	0,003	0,05
Vila Paraíso	0,75	0	0	0,27
Vila Pitangui	0	0,53	0	0,11
Vila Rosalina	0,69	0,07	0,006	0,10
Vila São Francisco	0,05	0	0	0
Vila Vera Cruz	0,17	0,11	0,21	0,009
Vista Alegre	0	0	0	0
Vossoroça	0,19	0	0	0,005