

ELIANGELA SARAIVA OLIVEIRA PINTO

**ESTATÍSTICA ESPACIAL APLICADA NA CARACTERIZAÇÃO  
DE ÁREAS DE RISCO PARA HIPERTENSÃO E DIABETES  
NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2013

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

P659e  
2013  
Pinto, Eliangela Saraiva Oliveira, 1985-  
Estatística espacial aplicada na caracterização de áreas de  
risco para hipertensão e diabetes no estado de Minas Gerais /  
Eliangela Saraiva Oliveira Pinto. – Viçosa, MG, 2013.  
xi, 61f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Gerson Rodrigues dos Santos.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f. 56-61.

1. Estatística matemática. 2. Cluster (Sistema de  
computador). 3. Biometria. 4. Hipertensão - Métodos estatísticos  
- Minas Gerais. 5. Diabetes - Métodos estatísticos - Minas  
Gerais. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Estatística. Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada  
e Biometria. II. Título.


CDD 22 ed. 519.535

ELIANGELA SARAIVA OLIVEIRA PINTO

**ESTATÍSTICA ESPACIAL APLICADA NA CARACTERIZAÇÃO  
DE ÁREAS DE RISCO PARA HIPERTENSÃO E DIABETES  
NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 05 de dezembro de 2013

  
Fernando Luiz Pereira de Oliveira  
(Co-orientador)

  
Marilane de Oliveira Fari Amaro

  
Gerson Rodrigues dos Santos  
(Orientador)

*Ao Deus trino de amor, sempre conosco.*  
*A minha avó, Geralda da Conceição Silva Oliveira (in memoriam), símbolo de força.*  
*A Rogério, o grande amor da minha vida.*  
*Aos meus pais, Angelo e Alice, meus principais educadores.*  
*Às minhas irmãs, Eliene e Emilia, primeiras companheiras da vida.*

**DEDICO**

*Adquirir a sabedoria vale mais que o ouro;  
antes adquirir a inteligência que a prata.  
(Provérbios 16.16)*

## AGRADECIMENTOS

*A Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força para superar as dificuldades, mostrar os caminho nas horas incertas e me suprir em todas as necessidades.*

*A realização deste Mestrado só foi possível graças à colaboração e a contribuição de várias pessoas, às quais gostaria de exprimir algumas palavras de agradecimento e profundo reconhecimento, em particular:*

*Ao meu companheiro, amigo e marido, Rogério, pelo carinho, compreensão, paciência extrema e constante encorajamento a fim de prosseguir com a elaboração deste trabalho. Principal incentivador dessa conquista.*

*À minha família, meus pais e minhas irmãs, primeiros e eternos companheiros, que me inspiram e me proporcionam seguir com uma vontade inquebrantável de lutar pelos meus sonhos.*

*Ao meu sogro e minha sogra; meus cunhados, cunhadas, concunhados e concunhadas; sobrinhos e sobrinhas, por toda alegria proporcionada.*

*Ao professor Gerson Rodrigues, pelas ideias compartilhadas; informações e orientações necessárias e principalmente por acreditar em mim.*

*Ao professor Fernando, pela constante disponibilidade em auxiliar na construção deste trabalho.*

*Aos amigos, funcionários e todos os professores do curso de pós-graduação que fizeram parte desses momentos sempre me ajudando e incentivando.*

*A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Estatística, pela oportunidade de realização deste curso.*

*E agradeço de forma especial:*

*Aos “anjos da terra”: FANNI, LAÍS, GABI e ÉDIMO, sem vocês não seria possível.*

*E a todos que contribuíram de alguma forma com esta conquista. Obrigada.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 Geral.....	3
2.2 Específicos.....	3
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
3.1 Introdução a Estatística Espacial.....	4
3.2 Análise Espacial de Dados de Área.....	8
3.2.1 Situações de análise de dados de área.....	8
3.2.2 Visualização dos dados.....	9
3.2.3 Matriz de distância espacial.....	9
3.2.4 Média móvel espacial.....	12
3.2.5 Análise de autocorrelação espacial.....	12
3.2.6 Índice de Moran global.....	13
3.2.7 Índice de Moran local.....	16
3.2.8 Gráfico de espalhamento de Moran.....	17
3.2.9 <i>Box Map</i> , <i>LISA Map</i> e <i>Moran Map</i> .....	18
3.3 Estatística Scan Espaço-temporal.....	18
3.4 Hipertensão Arterial.....	21
3.5 Diabetes <i>Mellitus</i> .....	22
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
4.1 Bases de investigação.....	24
4.2 Análises exploratória de dados.....	24
4.3 Procedimentos e técnicas de estatística espacial.....	25
4.3.1 Análise espacial de dados de área.....	25
4.3.1.1 Autocorrelação espacial.....	26
4.3.2 Detecção de <i>cluster</i> espaço-temporal.....	28
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>30</b>
5.1 Hipertensão Arterial.....	30
5.1.1 Análises iniciais.....	30
5.1.2 Distribuição espacial da prevalência de hipertensão arterial.....	31

5.1.3 Padrão espacial – Média Móvel Local.....	33
5.1.4 Autocorrelação espacial – Índice de Moran global.....	35
5.1.5 Índice local de associação espacial – LISA.....	36
5.1.6 Detecção de <i>clusters</i> .....	41
5.2 Diabetes <i>Mellitus</i> .....	42
5.2.1 Análises iniciais.....	42
5.2.2 Distribuição espacial da prevalência de diabetes <i>mellitus</i> .....	43
5.2.3 Padrão espacial – Média Móvel Local.....	45
5.2.4 Autocorrelação espacial – Índice de Moran global.....	47
5.2.5 Índice local de associação espacial – LISA.....	48
5.2.6 Detecção de <i>clusters</i> .....	53
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>55</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização de poços de água identificados por cruzes e óbitos por cólera representados por pontos. Londres, 1854.....	5
Figura 2 – Mapa de sete municípios localizados em Minas Gerais.....	10
Figura 3 – Gráfico de espalhamento de Moran.....	17
Figura 4 – Exemplo da utilização da estatística Scan espaço-temporal.....	20
Figura 5 – Mapas de distribuição espacial da taxa de prevalência de hipertensão arterial referente ao período de 2002 a 2012 no estado de Minas Gerais.....	32
Figura 6 – Mapas da Média Móvel Local da variável taxa de prevalência de hipertensão arterial referente ao período de 2002 a 2012.....	34
Figura 7 – Mapas dos <i>clusters</i> do Índice de Moran Local – LISASig, Minas Gerais, prevalência de hipertensão arterial referente ao período de 2002 a 2012.....	37
Figura 8 – Mapas dos <i>clusters</i> do Índice de Moran Local – <i>Box Map</i> , Minas Gerais, prevalência de hipertensão arterial referente ao período de 2002 a 2012.....	39
Figura 9 – Mapa do <i>cluster</i> primário mais verossímil da Estatística Scan espaço-temporal, Minas Gerais, taxa de prevalência de hipertensão arterial referente ao período de 2002 a 2012.....	41
Figura 10 – Mapas de distribuição espacial da taxa de prevalência de diabetes <i>mellitus</i> referente ao período de 2002 a 2012 no estado de Minas Gerais.....	44
Figura 11 – Mapas da Média Móvel Local da variável taxa de prevalência de diabetes <i>mellitus</i> referente ao período de 2002 a 2012.....	46
Figura 12 – Mapas dos <i>clusters</i> do Índice de Moran Local – LISASig, Minas Gerais, prevalência de diabetes <i>mellitus</i> referente ao período de 2002 a 2012.....	49
Figura 13 – Mapas dos <i>clusters</i> do Índice de Moran Local – <i>Box Map</i> , Minas Gerais, prevalência de diabetes <i>mellitus</i> referente ao período de 2002 a 2012.....	51
Figura 14 – Mapas do <i>cluster</i> primário mais verossímil da Estatística Scan espaço-temporal, Minas Gerais, taxa de prevalência de diabetes <i>mellitus</i> referente ao período de 2002 a 2012.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz de distância espacial por vizinhança de primeira ordem.....	11
Tabela 2 – Matriz de distância espacial por vizinhança de primeira ordem, padronizada pela linha da Tabela 1.....	11
Tabela 3 – Taxa de prevalência de diabetes <i>mellitus</i> de sete municípios de Minas Gerais, 2003.....	14
Tabela 4 – Cálculos auxiliares para a determinação do índice global de Moran.....	15
Tabela 5 – Total de casos e taxa de prevalência de hipertensão arterial dos indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.....	30
Tabela 6 – Valores de amplitude, médios, com as respectivas variâncias e coeficientes de variação e o teste Shapiro-Wilk das taxas de prevalência de hipertensão arterial dos indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.....	31
Tabela 7 – Índice de Moran global das taxas de prevalência de hipertensão arterial dos indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.....	35
Tabela 8 – Total de municípios com LISA significativo e total de municípios com taxas médias de hipertensão muito alta e alta para indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.....	38
Tabela 9 – Total de casos e taxa de prevalência de diabetes <i>mellitus</i> dos indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.....	42
Tabela 10 – Valores de amplitude, médios, com as respectivas variâncias e coeficientes de variação e o teste Shapiro-Wilk das taxas de prevalência diabetes <i>mellitus</i> dos indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.....	43
Tabela 11 - Índice de Moran global das taxas de prevalência de diabetes <i>mellitus</i> dos indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.....	47
Tabela 12 – Total de municípios com LISA significativo e total de municípios com taxas médias de diabetes muito alta e alta para indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.....	50

## LISTA DE SIGLAS

ADA: Análises de Dados de Área

DATASUS: Departamento da Atenção Básica do Sistema Único de Saúde

DCNT: Doenças crônicas não transmissíveis

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

OMS: Organização Mundial da Saúde

PA: Pressão Arterial

PAHO: Pan American Health Organization

RIPSA: Rede Interagencial de Informação para a Saúde

SAD: South American Datum

SIAB: Sistema de Informação da Atenção Básica

SIG: Sistemas de Informação Geográfica

SUS: Sistema Único de Saúde

WHO: World Health Organization

## RESUMO

PINTO, Eliangela Saraiva Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2013. **Estatística Espacial aplicada na caracterização de áreas de risco para hipertensão e diabetes no estado de Minas Gerais.** Orientador: Gerson Rodrigues dos Santos. Co-orientador: Fernando Luiz Pereira de Oliveira e Nerilson Terra Santos.

O objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição espacial da taxa de prevalência de hipertensão arterial e diabetes *mellitus* do estado de Minas Gerais, entre 2002 a 2012. Para o cálculo das taxas de prevalência, foram considerados os dados obtidos por meio dos registros do cadastro familiar do SIAB-MG do DATASUS, considerando homens e mulheres hipertensos ou diabéticos, acima de 15 anos, bem como a população total por município, maior de 15 anos, conforme censo 2010 do IBGE. Foram considerados os 853 municípios de Minas Gerais como unidades de análise espacial e utilizou-se as técnicas de análise espacial de dados de área, destacando-se a média móvel local, os coeficientes de autocorrelação global de Moran e o índice local de Moran (*LISA*). Além disso, foram construídos mapas temáticos de distribuição espacial, de autocorrelação local (*Box Map*) e de identificação de *cluster*, utilizando a estatística Scan espaço-temporal. Verificou-se que há autocorrelação espacial para a taxa de prevalência de hipertensão e de diabetes, entre os municípios, em que apresentou coeficientes de Moran (global) positivos e significativos para todos os anos estudados, indicando similaridade entre os municípios. Foi possível identificar, por meio da análise local, agrupamento de municípios situados na parte sul do estado com maiores taxas de prevalência de hipertensão e também de diabetes em todos os anos estudados. Também constatou-se *cluster* que persistiram no espaço e no tempo para ambas as variáveis e que se localizaram no sul do estado. Conclui-se que a análise espacial permitiu mapear e compreender a distribuição das taxas de hipertensão e diabetes no estado de Minas Gerais. Estudos como este fornecem informações para que os serviços de saúde local possam selecionar os principais locais com taxas altas, na tentativa de propor ações de controle, bem como monitorar as regiões que apresentam taxas baixas.

## ABSTRACT

PINTO, Eliangela Saraiva Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, december 2013. **Spatial Statistics applied in the characterization of risk areas for hypertension and diabetes in the state of Minas Gerais.** Advisor: Gerson Rodrigues dos Santos. Coadvisor: Fernando Luiz Pereira de Oliveira e Nerilson Terra Santos.

The objective of this study was to evaluate the spatial distribution of the prevalence of hypertension and diabetes mellitus in the state of Minas Gerais, between 2002-2012. For the calculation of prevalence rates were considered the data obtained from the registry cords of the family record of the SIAB - MG DATASUS considering men and women with hypertension or diabetes, aged over 15, as well as the total population by municipality, most of 15 years, according to the IBGE 2010 census. We considered the 853 municipalities of Minas Gerais as units of spatial analysis and used the techniques of spatial data analysis area, highlighting the moving average site, the autocorrelation coefficients of global and local content Moran (LISA). Moreover, were built thematic maps of spatial distribution of local autocorrelation (Box Map) and identification of the cluster, using the space-time scan statistic. It was found that spatial autocorrelation for the prevalence of hypertension and diabetes, among the municipalities, which showed coefficients Moran (global) positive and significant for all years studied, indicating similarity between the municipalities. It was possible to identify, by analyzing local grouping of municipalities in the southern part of the state with the highest prevalence rates of hypertension and diabetes also in all years studied. Also it was found that persisted cluster in space and time for both variables and is located in the southern state. We conclude that the spatial analysis to map and understand the distribution of rates of hypertension and diabetes in the state of Minas Gerais. Studies like this provide information to the local health services can select the main places with high rates in an attempt to propose actions to control and monitor the regions with low rates.

# 1 INTRODUÇÃO

A análise do comportamento das doenças, levando em consideração a localização no espaço e no tempo permite relacionar o processo saúde-doença com o ambiente no qual o homem vive. Essa metodologia tem sido descrita como importante ferramenta nos estudos epidemiológicos por sua capacidade de visualizar a distribuição da doença e mapear fatores de risco a níveis populacionais (BRASIL, 2007). Assim, conhecer a distribuição espacial de certas doenças tem sido uma grande preocupação das sociedades modernas (HINO, SANTOS, VILLA, 2005).

Dentre os métodos de visualização e distribuição de eventos, podem ser citados os de detecção de conglomerados, que são empregados na identificação de áreas de risco (DRUCK et al., 2004; KULLDORFF, 1995). Estes métodos fazem parte do conjunto de técnicas em Estatística Espacial que vêm sendo utilizadas no planejamento, monitoramento e avaliação das ações em diferentes áreas. A estas, pode ser mencionada a área da saúde, pois permite acessar e integrar diferentes informações, apresentando-as em mapeamento e detectando áreas com potencial de risco de desenvolvimento pela incidência e/ou prevalência de doenças acima ou abaixo do esperado (ALMEIDA, 2011).

Estudos relacionados à investigação epidemiológica vêm utilizando diferentes ramos da Estatística Espacial, como por exemplo, a análise espacial de dados de área, pois permite trabalhar com dados agregados por municípios, procurando identificar padrões espaciais de distribuição nos valores observados (CAUMO, 2006).

Os métodos de análise de dados de área, segundo Druck et al. (2004) foram desenvolvidos para tentar detectar regiões onde a distribuição dos valores pudessem apresentar um padrão específico, associado à sua localização espacial. Busca-se identificar o quanto o valor de uma variável em uma determinada área assemelha-se com os valores da mesma variável localizada em sua circunvizinhança, e o quanto é similar ou dissimilar aos valores de sua vizinhança distante. Esses métodos, de maneira geral, são apresentados na forma de indicadores, que medem, o padrão e a associação espacial, dentre os quais destacam-se o índice de Moran global e local para a análise de correlação espacial e a média móvel local para a análise de padrão espacial (SILVA et al., 2011).

Diante deste conhecimento, pode-se afirmar que o emprego desta metodologia, em análises de indicadores de saúde, pode contribuir com a melhoria da qualidade do processo de ação em saúde, pois a identificação da distribuição espacial dos casos de

doenças pode favorecer com a introdução de novas práticas, instrumentos ou maneiras de realizar a atenção à saúde, de forma mais eficiente, integrada e equitativa, sendo empregada como ferramentas que auxiliem no planejamento e monitoramento dos eventos (ALVES JUNIOR, 2011).

Dentre os indicadores que podem ser avaliados por meio da estatística espacial, citam-se aqueles relacionados à classificação das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), principalmente a hipertensão arterial sistêmica e o diabetes *mellitus*, pois são classificadas como importante fator de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, cerebrovasculares e renais, entre outras, sendo então, necessário desenvolver ações de controle ou monitoramento da prevalência destas doenças (BRASIL, 2006).

Spasoff (2011) cita que a hipertensão arterial e o diabetes *mellitus*, constituem um problema considerável de saúde pública no Brasil e no mundo, com tendência a ser maior no futuro, estabelecendo a epidemia real. Paho (2003) cita, que por meio de estimativas da Organização Mundial de Saúde (OMS), no de 2020, as mortes por doenças crônicas deverão representar 73% daquelas ocorridas no mundo.

Cabe mencionar ainda que a transição demográfica muito rápida determina uma elevação progressiva da morbimortalidade por condições crônicas no Brasil, tanto em termos absolutos como relativos (MENDES, 2012). Também segundo a Secretaria do Estado de Minas Gerais (2010), desde a década de 1960, o Brasil vem sofrendo transformações no seu perfil de mortalidade e morbidade, em função dos processos de transição demográfica, nutricional e epidemiológica.

Assim, busca-se por meio da aplicação de métodos de Estatística Espacial, analisar a distribuição espacial da taxa de prevalência da hipertensão arterial e diabetes *mellitus* no estado de Minas Gerais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Analisar a distribuição espacial da taxa de prevalência de hipertensão arterial e de diabetes *mellitus* do Estado de Minas Gerais no período de 2002 a 2012, por meio de técnicas de estatística espacial.

### **2.2 Específicos**

- Identificar a existência de um padrão espacial de distribuição da taxa de prevalência de hipertensão e diabetes em Minas Gerais;
- Verificar a existência da estrutura de dependência espacial para a ocorrência de casos de hipertensos e diabéticos no estado de Minas Gerais;
- Localizar áreas de risco ou críticas para os casos de hipertensos e diabéticos verificados no estado de Minas Gerais;
- Gerar mapas temáticos da distribuição espacial dos casos de hipertensos e diabéticos no estado de Minas Gerais.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Introdução à Estatística Espacial

A distribuição espacial de dados, procedentes de fenômenos ocorridos no espaço constitui um desafio para o esclarecimento de questões relacionadas às diversas áreas do conhecimento, seja em saúde, ambiente, geologia, agronomia, dentre outros (DRUCK et al., 2004). Segundo este mesmo autor, este fato tem permitido o desenvolvimento de análises espaciais, que vêm se tornando cada vez mais comuns, em função do desenvolvimento de sistemas de informação geográfica (SIG), permitindo a visualização espacial de variáveis.

Brasil (2007) cita que a Estatística Espacial é o ramo da estatística que permite estudar a ocorrência de eventos, levando em consideração a localização espacial dos mesmos, ou seja, permite identificar, localizar e visualizar a ocorrência de fenômenos que se materializam no espaço, sendo possível modelar a ocorrência desses fenômenos, incorporando fatores determinantes, como a estrutura de distribuição espacial ou a identificação de padrões.

As técnicas estatísticas utilizadas de acordo com a perspectiva espacial fazem uso explícito da referência geográfica no processo de coleta, descrição e análise dos dados, ou seja, os dados devem possuir um índice que faz referência a uma localidade geográfica (CAUMO, 2006).

Considerando as etapas do processo de um tratamento de dados espaciais, de acordo com Bailey e Gatrell (1995), numa análise da Estatística Espacial existem métodos de visualização, de investigação do padrão espacial dos dados e sua correlação espacial, o que pode auxiliar na tomada de decisões gerenciais. Estes métodos utilizam como ferramenta a seleção de variáveis, edição, análise exploratória e análise confirmatória (ANSELIN, 1999).

A seleção é realizada por meio da navegação em banco de dados, identificando os dados de interesse, realizando consultas e apresentando mapas. O processo de edição envolve todas as funções que operam sobre dados espaciais. As técnicas de análise exploratória descrevem e visualizam dados espaciais, permitindo descobrir padrões de associação espacial, sugerir a existência de instabilidades espaciais e identificar observações atípicas (*outliers*). As técnicas de análise confirmatória envolvem o

conjunto de modelos de estimação e teste, e procedimentos para sua validação (ANSELIN, 1999).

Landim (1998) cita que ao usar modelos da Estatística Clássica, para representar propriedades de valores amostrais distribuídos espacialmente, assume-se que essas realizações sejam de uma variável aleatória e que as posições relativas de que todos os valores amostrais tenham a mesma probabilidade de serem escolhidos. Sendo assim, pode-se dizer que a Estatística Espacial é outro conjunto de modelos que traz resultados diferentes daqueles obtidos pela Estatística Clássica, pois apresenta informações que incorporam a dimensão espacial, sendo necessário, pelo menos, o pressuposto de que os dados podem ser espacialmente dependentes.

Um exemplo que explica os conceitos acima, se refere a um estudo realizado em Londres, em 1854 pelo médico inglês John Snow, citado por Druck et al. (2004), sobre uma epidemia de cólera, doença desconhecida para a época quanto a sua etiologia. Como uma das estratégias para lidar com o problema, foi identificada no mapa da cidade a localização exata das residências com óbitos por cólera e dos poços de água que abasteciam a cidade. A partir da representação espacial dos dados, verificou-se que a maioria dos casos concentrou-se em torno do poço de Broad Street, conforme apresentado na Figura 1, como consequência, este foi lacrado, contribuindo para acabar com a epidemia.



**Figura 1:** Localização de poços de água identificados por cruzes e óbitos por cólera representados por pontos. Londres, 1854.  
Fonte: (DRUCK et al., 2004).

Diante deste conhecimento, verificou-se que os métodos de estatística espacial eram úteis para analisar a distribuição de doenças em determinadas regiões, com o objetivo de identificar áreas de risco, analisar acessibilidade a serviços de saúde, descrever a população adscrita, auxiliar em decisões gerencias, dentre outros (ALMEIDA, 2011; SILVA, 2012).

Bailey e Gatrell (1995), Assunção (2001), Brasil (2007) e Bivand, Pebesma e Gómez-Rubio (2008) afirmam que os dados espaciais podem ser classificados em quatro categorias:

### **1ª - Dados espaciais por padrão de pontos**

De acordo com Bailey e Gatrell (1995), o padrão de pontos é considerado o modo mais simples de representar os dados espaciais, sendo definido como uma base de dados contendo uma série de localizações de pontos, numa determinada região de estudo, onde ocorreu o evento de interesse. Ou seja, apresenta um conjunto de dados que consiste uma série de localizações pontuais que indicam a ocorrência dos eventos (DRUCK et al., 2004).

O objetivo da análise espacial de padrão de pontos é estudar a distribuição espacial de suas localizações e a relação existente entre os pontos, testando hipóteses sobre o padrão observado, e se o fenômeno se apresenta de forma aleatória, aglomerada ou se os pontos estão regularmente distribuídos (BRASIL, 2007). Este mesmo autor, cita que existem técnicas para identificar a existência de áreas com concentração aparentemente alta de eventos, possibilitando avaliar se o aparente aglomerado de casos ocorreu ou não ao acaso. Desta forma, os testes estatísticos utilizados em análise espacial podem ser agrupados em duas categorias: testes globais (averiguam todos os pontos mapeados, onde a hipótese de nulidade estatística é definida como não existe aglomerado e a hipótese alternativa é definida como existe aglomerado, sem que sua localização seja apontada) e testes locais (buscam confirmar a existência de aglomerados segundo informações passadas a priori, antes mesmo da coleta dos dados).

### **2ª – Dados espaciais por dados de área**

Para Assunção (2001), dados de área referem-se a um mapa de uma região  $R$ , particionado em áreas  $A_i, i = 1, 2, \dots, n$ , onde, em cada uma delas, mede-se uma ou mais variáveis aleatórias  $Y_i$  e possivelmente covariáveis de interesse, que, supostamente, afetam a distribuição de probabilidade de  $Y_i$ . O objetivo da análise de dados de área,

segundo Silva et al. (2011) é verificar a existência de um padrão espacial e de uma estrutura de correlação espacial nos valores observados. Quando um padrão espacial é observado, pode-se verificar a aleatoriedade ou agregação apresentada, ou ainda se esta distribuição pode ser associada a causas mensuráveis. Assim, com frequência, podem ser encontrados por meio da Estatística Espacial eventos nos quais seus indicadores são obtidos pela agregação de valores por áreas delimitadas por polígonos, como é o caso de municípios, bairros e/ou outros setores censitários. Dessa forma, não se dispõe da localização exata dos eventos, mas de um valor por área (DRUCK et al., 2004).

### **3ª – Dados espaciais por interação espacial**

Dados de interação espacial possui a localização fixa que correspondem a um par ordenado que indicam ponto de saída (origem) e ponto de chegada (destino) e o que trafega entre esses pares é um fluxo (BAILEY e GATRELL, 1995).

O objetivo da análise de interação espacial é identificar um modelo que se ajusta ao fluxo, o que permite compreender o seu comportamento. Como exemplo, pode-se citar o fluxo migratório, fluxo de transportes, fluxo de pacientes entre as unidades de assistência, fluxo de passageiros, entre outros (ASSUNÇÃO, 2001).

### **4ª – Dados espaciais por Geoestatística**

A Geoestatística é uma abordagem probabilística de modelagem, que engloba um conjunto de métodos estatísticos para a análise e mapeamento de dados distribuídos no espaço e/ou no tempo, que leva em consideração um modelo explícito de dependência espacial. Sua aplicação se dá em vários campos, desde as ciências da terra, na agricultura, na epidemiologia, entre outras (ANDRIOTTI, 2004).

De acordo com Assunção (2001) o objetivo da Geoestatística é prever a superfície em localizações não monitoradas, fazer uma interpolação para recuperar a superfície a partir de sua observação apenas nas estações de coleta, e escolher uma localização para sediar uma nova estação de coletas.

As técnicas mais usuais na análise desse tipo de dados são voltadas para a predição espacial, ou seja, para estimar valores da variação em locais não amostrados, em que uma das técnicas mais utilizadas é denominada Krigagem (SILVA et al., 2011). A Krigagem, segundo Assunção (2001), é basicamente um modelo de regressão onde os erros são correlacionados pela distância entre as estações de coleta. A correlação dos erros é definida a partir de um variograma (uma função que mede o grau de independência entre os erros de acordo com a distância).

### 3.2 Análise Espacial de Dados de Área

Para a análise de dados de áreas, são utilizadas técnicas de estatística espacial, apresentadas em forma de índices que medem a associação espacial (Índice de Moran), gráfico de espalhamento (*Box Map*) e mapas (Distribuição espacial). Estas técnicas auxiliam na identificação de agrupamentos de objetos cujos atributos possuem valores altos ou baixos, áreas de transição e casos atípicos (KREMPI, 2004).

Como parte do processo de uma análise de Dados de Área, é importante investigar fatores como: a distribuição dos dados, a presença de *outliers* e a ausência de estacionariedade. A forma mais comumente empregada é a certificação do comportamento da média (estacionariedade de primeira ordem), comportamento da variância e da covariância espacial (estacionariedade de segunda ordem). E para identificar a estrutura de dependência espacial, se utiliza de ferramentas, como o índice global de Moran e o índice de Geary. A ideia básica é estimar a magnitude da autocorrelação espacial entre as áreas (DRUCK et al., 2004).

#### 3.2.1 Situações de análise de dados de área

Este tipo de dado é proveniente de áreas geográficas com limites definidos, usualmente divisões político-administrativas. Os indicadores mais utilizados em dados de área são contagens de casos ou óbitos de alguma doença ou indicadores provenientes do censo demográfico. Por exemplo, para cada setor censitário, tem-se o número de óbitos, de natalidades ou de doenças transmissíveis, logo utiliza-se indicadores para caracterizar espacialmente a área de estudo (BRASIL, 2007).

Na maioria das vezes, principalmente sob perspectiva epidemiológica e socioeconômica, torna-se necessário alguma padronização na quantia bruta da contagem observada, visto que as áreas habitualmente apresentam populações de tamanhos diferentes. Sendo assim, Caumo (2006) cita que são utilizadas taxas de incidência, risco relativo e proporções, que são obtidos através de levantamentos populacionais, como censos, estatísticas de saúde, cadastramentos populacionais, entre outros para se realizar tal padronização. Corroborando a estas informações, Druck et al.(2004) também classificaram outros indicadores: proporção, médias e taxas para este fim.

Os dados agregados por áreas são usualmente apresentados por mapas coloridos com o padrão espacial do fenômeno, que apresenta as áreas das regiões coloridas, de acordo com uma escala discreta associada aos valores correspondentes a cada área (BAILEY e GATRELL, 1995).

### 3.2.2 Visualização dos dados

Druck et al.(2004) ressaltam que o uso de diferentes pontos de corte da variável induz a visualização de diferentes aspectos. Afirmam também, que os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) dispõem usualmente de três métodos de visualização de variável:

- (i) Intervalos iguais: a diferença entre o valor máximo da variável é dividida pelo número de classes, obtendo-se o valor do intervalo de cada classe. Se a variável tem uma distribuição muito concentrada de um lado, esta visualização deixa apenas um número pequeno de áreas nas classes da “perna” mais longa da distribuição. Como resultado, a maior parte das áreas será colocada a uma ou duas cores;
- (ii) Percentis: para definição de classes obriga a alocação dos polígonos em quantidades iguais pelas cores; isto pode mascarar diferenças significativas em valores extremos e dificultar a identificação de áreas críticas.
- (iii) Desvios-padrões: são geradas classes separadas pelo valor do desvio-padrão. Nessa visualização o principal divisor é a média, em que a partir dela, são definidos os valores da variável acima e abaixo da média, em intervalos de valores que podem ser múltiplos de um desvio-padrão. O número de classes resultantes acima e abaixo dependerá do valor da quantidade de desvios-padrões escolhidos, e também de valores da variável.

### 3.2.3 Matriz de distância espacial

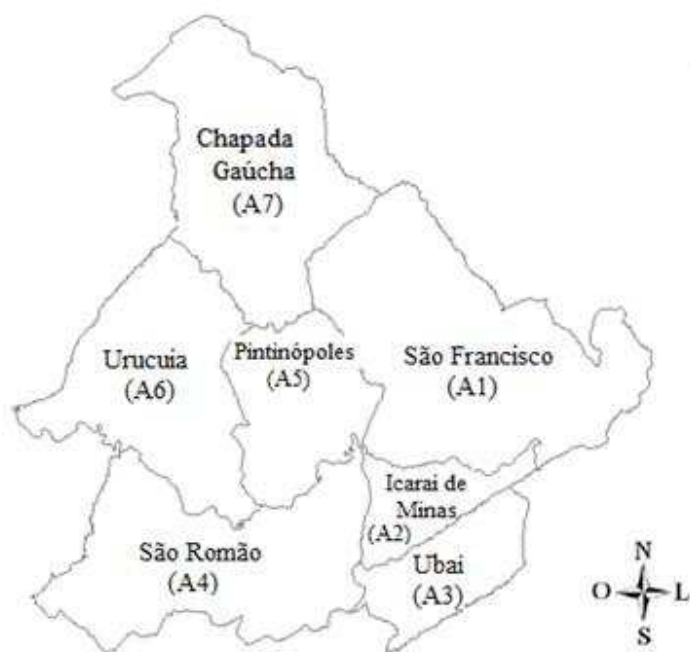
Um procedimento necessário para a análise de dados de área é a construção de uma matriz de distância espacial. Essa matriz indica a relação espacial de cada área com as demais. Pode ser composta apenas pela lista de vizinhos de cada área, ou pela distância entre áreas ligadas, ou ainda, pela conectividade ponderada pelo comprimento da fronteira comum entre as áreas (BRASIL, 2007).

Segundo Druck et al.(2004), dado um conjunto de  $n$  áreas  $\{A_1, \dots, A_n\}$ , poder-se-á construir a matriz  $W^{(1)}$  ( $n \times n$ ), onde cada um dos elementos  $w_{ij}$  representa uma medida de proximidade entre  $A_i$  e  $A_j$ . Esta medida de proximidade pode ser calculada a partir de um dos seguintes critérios, segundo Bailey e Gatrell (1995):

- (i)  $w_{ij} = 1$ , se o ponto de referência de  $A_j$  é um dos  $k$  pontos mais próximos ao ponto de referência de  $A_i$ , e  $w_{ij} = 0$ , caso contrário;

- (ii)  $W_{ij} = 1$ , se o ponto de referência de  $A_j$  está dentro de uma distância especificada ao ponto de referência de  $A_i$ , e  $w_{ij} = 0$ , caso contrário;
- (iii)  $W_{ij} = 1$ , se  $A_i$  tem fronteira comum com  $A_j$ , e  $w_{ij} = 0$ , caso contrário;
- (iv)  $W_{ij} = c_{ij}/c_i$ , onde  $c_{ij}$  é o comprimento da fronteira comum entre  $A_i$  e  $A_j$  e  $c_i$  é o perímetro de  $A_i$ ;

Para melhor compreensão de como calcular a matriz de proximidade espacial  $W_{n \times n}$ , será apresentado a seguir uma ilustração utilizando o caso (iii). O mapa da Figura 2 refere-se aos municípios: São Francisco (A1), Icarai de Minas (A2), Ubaí (A3), São Romão (A4), Pintinópolis (A5), Urucuaia (A6) e Chapada Gaúcha (A7), localizados no estado de Minas Gerais.



**Figura 2:** Mapa de sete municípios localizados em Minas Gerais.

Observa-se pela Figura 1 que: A1 tem fronteira comum (vizinho de primeira ordem) com A2, A5 e A7; A2 tem fronteira comum com A1, A3, A4 e A5; A3 tem fronteira comum com A2 e A4; A4 tem fronteira comum com A2, A3, A5 e A6; A5 tem fronteira comum com A1, A2, A4, A6, A7; A6 tem fronteira comum com A4, A5 e A7 e A7 tem fronteira comum com A1, A5 e A6.

Desta forma pode-se construir a matriz de distância de primeira ordem  $W_{(7 \times 7)}^{(1)}$ , conforme Tabela 1.

**Tabela 1:** Matriz de distância espacial por vizinhança de primeira ordem

Município	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	1	0	0	1	0	1
A2	1	0	1	1	1	0	0
A3	0	1	0	1	0	0	0
A4	0	1	1	0	1	1	0
A5	1	1	0	1	0	1	1
A6	0	0	0	1	1	0	1
A7	1	0	0	0	1	1	0

Como a matriz de distância espacial  $W_{(n \times n)}$  é utilizada em cálculos de indicadores, torna-se necessário padronizar suas linhas, dividindo cada elemento  $w_{ij}$  pela soma total dos elementos de cada linha a que pertence, gerando uma nova matriz  $W_{(n \times n)}^*$ , que é a matriz de distância espacial padronizada de  $W_{(n \times n)}$ , de tal modo que cada linha dessa nova matriz seja igual a um (KREMPI, 2004).

Para simplificar a notação, a matriz  $W_{(n \times n)}^*$ , que é a matriz de distância espacial padronizada de primeira ordem de  $W_{(n \times n)}$ , será denotada pelo mesmo símbolo  $W_{(n \times n)}$ , e seus elementos por  $w_{ij}$ .

Na Tabela 2, pode-se observar a matriz de distância espacial por vizinhança de primeira ordem padronizada pelas linhas da Tabela 1.

**Tabela 2:** Matriz de distância espacial por vizinhança de primeira ordem, padronizada pelas linhas da Tabela 1:

Município	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0,333	0	0	0,333	0	0,333
A2	0,250	0	0,250	0,250	0,250	0	0
A3	0	0,500	0	0,500	0	0	0
A4	0	0,250	0,250	0	0,250	0,250	0
A5	0,200	0,200	0	0,200	0	0,200	0,200
A6	0	0	0	0,333	0,333	0	0,333
A7	0,333	0	0	0	0,333	0,333	0

Druck et al.(2004), afirmam que a ideia, da matriz de distância espacial, pode ser generalizada para vizinhos de maior ordem (vizinhos dos vizinhos). Com critério análogo ao adotado para a matriz de distância de primeira ordem, pode-se construir as matrizes  $W^{(2)}, \dots, W^{(n)}$ . Os coeficientes da matriz de primeira ordem são designados simplesmente por  $w_{ij}$  e os das matrizes de ordem  $k$  por  $w_{ij}^{(k)}$ .

### 3.2.4 Média móvel espacial

Bailey e Gatrell (1995) afirmam que para avaliar as variações das tendências espaciais da variável, se deve estimar a média  $\hat{\mu}_i$  associada à variável  $Y_i$  relativo a  $i$ -ésima área  $A_i$ , a partir dos elementos  $w_{ij}$  da matriz normalizada  $W_{(n \times n)}^{(1)}$ , tomando-se a média dos vizinhos. Assim, a variabilidade espacial é reduzida, pois a operação tende a produzir uma superfície com menor flutuação que os dados originais. Tal média denomina-se de média móvel espacial e sua fórmula é dada por:

$$\hat{\mu}_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} Y_j$$

(1)

Quando se estabiliza a taxa de ocorrência de um evento utilizando o método de médias móveis, o valor atribuído a cada área é igual à soma dos eventos nos vizinhos dividida pela população total (BRASIL, 2007).

### 3.2.5 Análise de autocorrelação espacial

Do ponto de vista espacial, acredita-se que áreas próximas, dependendo do que se estuda, tendem a apresentar valores mais similares. Sobre esta hipótese, Tobler (1970) citado por Olinda e Scalon (2010), afirmou que "todas as coisas são parecidas, no entanto, coisas mais próximas se parecem mais que coisas mais distantes". Assim, foi criado o conceito de análise dos fenômenos espaciais, que se associa ao conceito autocorrelação espacial, e seu cálculo, corresponde à maneira de quantificação da dependência espacial.

A estrutura de dependência entre os valores observados nas várias áreas do fenômeno em estudo é analisada pela função de autocorrelação espacial, e assim, mede a correlação da própria variável no espaço (BRASIL, 2007). Este mesmo autor também

cita que a correlação de uma variável com ela mesma, porém medida no mesmo local, será sempre 1, entretanto, a correlação de uma variável com ela mesma, porém medida nas áreas vizinhas, terá um valor que varia entre -1 e 1. Quanto mais próximo de 1, maior a semelhança entre vizinhos, o valor 0 (zero) indica inexistência de correlação, e valores negativos indicam dessemelhança. Em outras palavras, verifique que a estrutura espacial das  $n$  unidades geográficas é definida por uma matriz quadrada ( $n \times n$ ) de pesos  $W$  onde  $w_{ij}=0$ . Sejam  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  variáveis aleatórias medidas nas  $n$  áreas. A noção de autocorrelação espacial destas variáveis está associada com a ideia de que valores observados em áreas geográficas adjacentes mostram-se mais similares do que o esperado sob a hipótese de que a distribuição das variáveis é invariante por permutação dos índices  $1, 2, \dots, n$  que localizam as áreas no espaço (ASSUNÇÃO, 2001).

Para estimar a magnitude da autocorrelação espacial entre as áreas, as ferramentas mais utilizadas são o índice global de Moran e o índice de Geary (DRUCK et al., 2004).

### 3.2.6 Índice de Moran global

Druck et al.(2004) citam que a caracterização da dependência espacial permite identificar valores correlacionados no espaço, constituindo um aspecto fundamental da análise espacial, em que, uma das funções utilizadas para estimar o quanto o valor de um atributo, observado numa região é dependente dos valores desta mesma variável nas localizações vizinhas é a autocorrelação espacial, cujo o índice global de Moran ( $I$ ), descrito em Moran (1948), é a expressão da autocorrelação considerando apenas o primeiro vizinho:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (Y_i - \bar{Y})(Y_j - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2)$$

Em que:

$n$  é o número de áreas;

$Y_i$  é o valor do atributo considerado na área  $i$ ;

$Y_j$  é o valor do atributo considerado na área  $j$ ;

$\bar{Y}$  é o valor médio do atributo na região de estudo e

$w_{ij}$  corresponde aos elementos da matriz normalizada de proximidade espacial, ou seja, é o peso atribuído de acordo com a estrutura de vizinhança.

Quando as variáveis são espacialmente independentes, o valor esperado de  $I$  vale zero. Quando as variáveis são espacialmente dependentes, poderá ser apresentada similaridade entre áreas próximas, em que  $I$  tende a ser positivo ( $I > 0$ ), ou dissimilaridade entre áreas próximas, em que  $I$  tende a ser negativo ( $I < 0$ ) (SILVA et al., 2011).

Para compreensão do cálculo de índice de Moran, será utilizada a expressão (2) e apresentado nas Tabelas 3 e 4, os resultados dos cálculos que serão necessários para a determinação do  $I$ . Estes cálculos foram realizados para uma massa de dados, referente à taxa de prevalência de diabetes, pertencentes a sete municípios de Minas Gerais, conforme apresentado na Figura 2, referente ao ano de 2003.

**Tabela 3:** Taxa de prevalência de diabetes *mellitus* de sete municípios de Minas Gerais, 2003.

Municípios	Taxa de prevalência de hipertensão $y_i$
A1	0.0442
A2	0.0480
A3	0.0569
A4	0.5803
A5	0.5644
A6	0.3703
A7	0.5414
Média de $Y$	0,3150
$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$	0.04501

Em que A1, A2, A3, A4, A5, A6 e A7 representam, respectivamente, os municípios de São Francisco, Icarai de Minas, Ubaí, São Romão, Pintinópolis, Urucua e Chapada Gaúcha.

**Tabela 4:** Cálculos auxiliares para a determinação do índice global de Moran

Municípios	$w_{ij}$	$(y_i - \bar{y})$	$(y_j - \bar{y})$	$w_{ij}(y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})$
A1 x A2	0.333	-0.00081	0.00299	-8.06641x10 <sup>-7</sup>
A1 x A3	0	-0.00081	0.01189	0
A1 x A4	0	-0.00081	0.53529	0
A1 x A5	0.333	-0.00081	0.51939	-0.00014013
A1 x A6	0	-0.00081	0.32529	0
A1 x A7	0.333	-0.00081	0.49639	-0.000133925
A2 x A1	0.25	0.00299	-0.00081	-6.05586x10 <sup>-7</sup>
A2 x A3	0.25	0.00299	0.01189	8.88702x10 <sup>-6</sup>
A2 x A4	0.25	0.00299	0.53529	0.000400102
A2 x A5	0.25	0.00299	0.51939	0.000388217
A2 x A6	0	0.00299	0.32529	0
A2 x A7	0	0.00299	0.49639	0
A3 x A1	0	0.01189	0.001771	0
A3 x A2	0.5	0.01189	0.369471	0.002196467
A3 x A4	0.5	0.01189	-0.08243	-0.000490038
A3 x A5	0	0.01189	0.017671	0
A3 x A6	0	0.01189	-0.02123	0
A3 x A7	0	0.01189	-0.29233	0
A4 x A1	0	0.53529	0.001771	0
A4 x A2	0.25	0.53529	0.369471	0.049443514
A4 x A3	0.25	0.53529	0.007071	0.000946259
A4 x A5	0.25	0.53529	0.017671	0.002364776
A4 x A6	0.25	0.53529	-0.02123	-0.002841051
A4 x A7	0	0.53529	-0.29233	0
A5 x A1	0.2	0.51939	0.001771	0.000183968
A5 x A2	0.2	0.51939	0.369471	0.038379893
A5 x A3	0	0.51939	0.007071	0
A5 x A4	0.2	0.51939	-0.08243	-0.00856266
A5 x A6	0.2	0.51939	-0.02123	-0.002205329
A5 x A7	0.2	0.51939	-0.29233	-0.030366644
A6 x A1	0	0.32529	0.001771	0
A6 x A2	0	0.32529	0.369471	0
A6 x A3	0	0.32529	0.007071	0
A6 x A4	0.333	0.32529	-0.08243	-0.008928941
A6 x A5	0.333	0.32529	0.017671	0.001914149
A6 x A7	0.333	0.32529	-0.29233	-0.031665625
A7 x A1	0.333	0.49639	0.001771	0.000292742
A7 x A2	0	0.49639	0.369471	0
A7 x A3	0	0.49639	0.007071	0
A7 x A4	0	0.49639	-0.08243	0
A7 x A5	0.333	0.49639	0.017671	0.002920977
A7 x A6	0.333	0.49639	-0.02123	-0.003509272
Soma	7			0.010594926

Desta forma, o valor de  $I$  é dado por:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (Y_i - \bar{Y})(Y_j - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} = \frac{0,010594926}{0,04501} = 0,235389$$

Observa-se que  $I > 0$ , então, existe um grau de similaridade entre áreas próximas, ou seja, há uma autocorrelação espacial positiva.

### 3.2.7 Índice de Moran local

Para Druck et al.(2004), quando se tem um grande número de áreas em uma determinada região em estudo, é muito provável que ocorra diferentes regimes de associação espacial, e que apareçam vários locais de autocorrelação espacial. Sendo necessário utilizar indicadores locais de associação espacial que possam ser associados às diferentes localizações de uma variável distribuída espacialmente. Ainda que o índice  $I$  de Moran global seja muito útil para fornecer uma indicação de agrupamento global dos dados, esta medida precisa ser complementada por estatísticas locais.

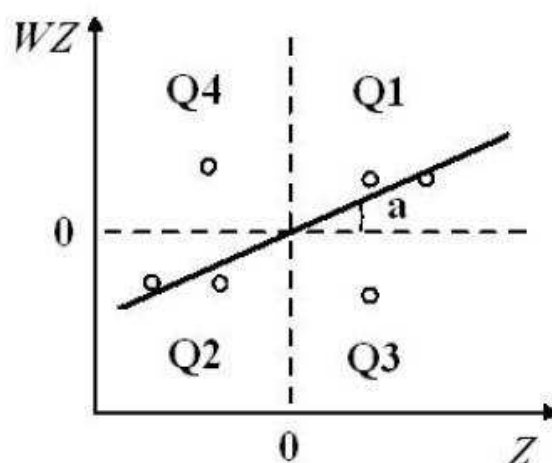
Segundo Anselin (1999), o indicador local, de associação espacial é qualquer estatística que atenda as condições que permitam a identificação de padrões de associação espacial significativa para cada área da região de estudo, e que constitui uma decomposição do índice global de associação espacial, ou seja, a soma dos indicadores de associação espacial local para todas as observações é proporcional ao indicador de associação espacial global. A fórmula para o cálculo do índice de Moran local para cada área  $A_i$  é dada por:

$$I_i = (Y_i - \bar{Y}) \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} (Y_j - \bar{Y})}{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n}} \quad (3)$$

De acordo com Silva et al. (2011), valores positivos do Índice de Moran local significam que existem *clusters* espaciais com valores similares (alto ou baixo) da variável em estudo. Valores negativos significam que existem *clusters* espaciais com valores dissimilares da variável entre as áreas e seus vizinhos.

### 3.2.8 Gráfico de espalhamento de Moran

O diagrama ou gráfico de espalhamento de Moran é uma maneira adicional de visualização da dependência espacial, construído com base nos valores normalizados (valores de atributos subtraídos de sua média e divididos pelo desvio padrão), que permite analisar o comportamento da variabilidade espacial, ou seja, uma comparação visual entre os valores do atributo e de seus vizinhos. Este tipo de gráfico é apresentado em quatro quadrantes, como apresentado na Figura 3 (DRUCK et al., 2004).



**Figura3:** Gráfico de espalhamento de Moran

Fonte: (DRUCK et al.,2007)

Os quadrantes da Figura 3 podem ser interpretados como: o primeiro quadrante (Q1) mostra as áreas que apresentam os altos valores para a variável em análise (valores acima da média) contornada por áreas vizinhas que também apresentam valores acima da média para a variável em análise (este quadrante é classificado como alto-alto - AA); o segundo quadrante (Q2) é constituído pelas áreas com valores baixos para as variáveis em análise contornadas por áreas vizinhas que também apresentam baixos valores (este quadrante é classificado como baixo-baixo - BB); terceiro quadrante (Q3) é formado pelas áreas com altos valores para as variáveis em análise contornadas por áreas com baixos valores (este quadrante é classificado como alto-baixo - AB); o quarto quadrante (Q4) mostra áreas com valores contornados por áreas vizinhas que apresentam valores altos (este quadrante é geralmente classificado como baixo-alto - BA).

As áreas que estão localizadas nos quadrantes AA e BB apresentam autocorrelação espacial positiva, ou seja, estas áreas formam *clusters* de valores similares. Por outro lado, os quadrantes BA e AB apresentam autocorrelação espacial

negativa, ou seja, há dissimilaridade entre as áreas vizinhas em relação a variável em estudo (SILVA et al., 2011).

### **3.2.9 Box Map, LISA Map e Moran Map**

Segundo Neves et al. (2001), *Box Map*, LISA Map e Moran Map, são três dispositivos gráficos baseados nos resultados obtidos para os indicadores locais e do gráfico de espalhamento de Moran.

Para Serrano e Valcarce (2000), uma das formas de identificar outliers espaciais, para dados de área, é através do *Box Map*. Este mapa é uma extensão do Diagrama de Espalhamento de Moran, onde os elementos de cada quadrante do gráfico são representados por uma cor específica com seus respectivos polígonos.

Para análise dos índices de Moran locais, o mapa denominado LISA Map indica as regiões que apresentam correlação local significativamente diferente das demais. A avaliação da significância é feita comparando-se os valores dos índices de Moran locais com uma série de valores obtidos por meio de permutações dos valores dos atributos dos vizinhos, sob a hipótese nula de não existência de autocorrelação espacial (KREMPI, 2004). Este mesmo autor cita, que no Moran Map, de forma semelhante ao LISAMap, somente são apresentadas as áreas para as quais os valores dos índices de Moran locais foram considerados significativos (valor- $p < 0,05$ ), porém, com classificação em quatro grupos, conforme os quadrantes aos quais pertençam no gráfico de espalhamento. As demais áreas ficam classificadas como não significativas.

## **3.3 Estatística Scan Espaço-Temporal**

Um *cluster*, ou conglomerado espacial é uma área que representa risco de casos, para determinada variável resposta, significativamente distinto (elevado ou baixo). Estudos de conglomerados vêm sendo aplicados por diferentes áreas, conforme sugerido por Kulldorff e Nagarwalla (1995); Kulldorff (1997); Oliveira et al. (2011).

Segundo Moura (2006) os conglomerados podem ser classificados, como puramente espaciais, sendo aqueles cuja ocorrência de casos é mais alta em determinadas área do que em outras; puramente temporais, sendo aqueles cuja ocorrência de casos é mais alta em um período do que em outro e espaço-temporal, sendo aqueles cuja ocorrência dos casos é temporariamente mais alta em determinadas áreas.

Estes métodos de detecção de conglomerados pertencem à classe de testes gerais e são conhecidos também como o método de varredura de Kulldorff (Estatística Scan), em que foi desenvolvido para estudos epidemiológicos, podendo ser usado tanto para dados agregados de área quanto dados pontuais e o teste de significância é baseado no método de máxima verossimilhança (KULLDORFF, 1995).

A estatística espacial Scan é definida por uma janela geográfica circular que se move através da área de interesse, ou seja, é uma estatística de varredura onde, o círculo é capaz de incluir diferentes conjuntos de áreas vizinhas. Considera-se uma área como incluída no círculo se o seu centróide está contido na janela. O raio de cobertura da janela pode variar de zero a um valor máximo, de forma que a janela nunca inclua mais que 50% da população total. Com isso, a janela é flexível em tamanho e localização. Para cada localização e tamanho da janela de varredura é verificado se existe uma taxa elevada do círculo quando comparada com a região externa a este círculo (KULLDORFF, 1995).

A estatística Scan tem evoluído com a proposição de novas técnicas para a variável de interesse, sendo necessária a fixação de um período de tempo para a agregação dos casos que ocorreram dentro deste período (dias, meses, anos) (KULLDORFF, 2001).

De acordo com a teoria utilizada por Knox e Bartlett (1964), em que propõem estabelecer distâncias de corte para o espaço e para o tempo de tal forma a julgar se pares de observações seriam consideradas próximas ou distantes para cada uma das dimensões, diversas outras técnicas foram definidas alterando-se a medida utilizada para avaliar a associação das distâncias no tempo e espaço, mudando o critério utilizado para determinar a significância (MANTEL, 1967).

Desta forma, os métodos de detecção de *cluster* espaço-temporal são construídos sob o princípio de que, se existe um *cluster*, as observações estarão próximas tanto no espaço quanto no tempo, buscando avaliar se há uma relação positiva entre distância espacial e distância temporal (WHITTEMORE et al. 1987).

As análises espaço-temporal podem ser executadas de duas formas:

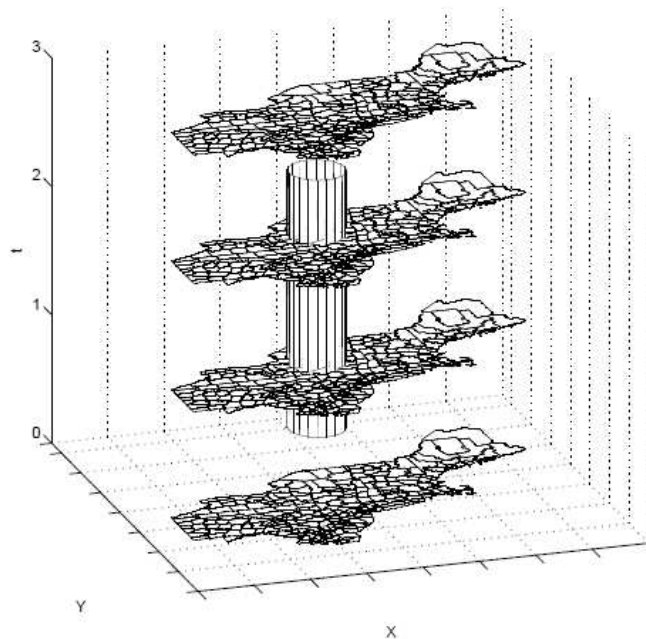
- A análise retrospectiva (KULLDORFF et al. 1998), visa detectar em um espaço e período fixados tanto os conglomerados ativos, aqueles que permanecem até o final do período em estudo, quanto os conglomerados históricos, aqueles que deixaram de existir antes do final do período em estudo.
- A análise prospectiva (KULLDORFF, 2001) tem como objetivo detectar somente os conglomerados ativos, ou seja, sua varredura visa somente detectar

conglomerados que não cessaram de ocorrer até a data final do período estudado (correspondem aos conglomerados que nunca deixaram de existir naquele determinado período). Neste tipo de análise a varredura é repetida a cada intervalo de tempo que pode ser, por exemplo, de um dia, um mês, um ano, etc. O processo de detecção começa varrendo o primeiro intervalo de tempo disponível e então varre o segundo intervalo, considerando a informação do primeiro intervalo, e assim por diante até o último intervalo disponível.

A extensão da estatística Scan de Kulldorff (1997) do espaço para o espaço-tempo ocorreu através da ampliação da estatística de varredura com formato circular para um formato cilíndrico, onde a base circular refere-se à dimensão geográfica e a altura refere-se ao intervalo de tempo. Sendo que a hipótese nula assume que o número de casos, seja distribuído segundo uma Poisson com risco constante no espaço e no tempo, já a hipótese alternativa, assume que o risco seja distinto dentro e fora de pelo menos um cilindro.

Assim as técnicas realizadas em Kulldorff (1997), são desenvolvidas em Kulldorff et al. (1998), porém, onde havia a janela circular, obtém-se uma janela de formato cilíndrico, que irá varrer a região de estudo no espaço e no tempo.

Para esclarecer a utilização deste procedimento, observa-se na Figura 4 uma pilha de mapas, em que cada camada da pilha representa um tempo diferente, a base da varredura do cilindro representa o espaço geográfico e à altura do cilindro representa o tempo.



**Figura 4:** Exemplo da utilização da estatística Scan espaço-temporal.

Fonte: (ARAUJO, 2012).

O procedimento de varredura permite tanto a base como a altura variar continuamente à medida que a varredura avança através do espaço e do tempo. Não há qualquer mudança em relação à razão de verossimilhança e a significância do teste (COULSTON e RIITERS, 2003).

### **3.4 Hipertensão Arterial**

A hipertensão arterial é um problema grave de saúde pública no Brasil e no mundo, caracterizando-se um dos mais importantes fatores de risco para o desenvolvimento de doença cardiovascular, cerebrovascular e renal, e segundo Brasil (2006), é responsável por pelo menos 40% das mortes por acidente vascular cerebral, 25% das mortes por doença arterial coronariana e, em combinação com o diabetes, 50% dos casos de insuficiência renal terminal.

É considerada como uma condição clínica multifatorial caracterizada por níveis elevados e sustentados de pressão arterial (PA), sendo que Brasil (2006) defini hipertensão arterial como pressão arterial sistólica maior ou igual a 140 mmHg e pressão arterial diastólica maior ou igual a 90 mmHg. Associa-se frequentemente a alterações funcionais e/ou estruturais dos órgãos-alvo (coração, encéfalo, rins e vasos sanguíneos) e alterações metabólicas, com consequente aumento do risco de eventos cardiovasculares fatais e não fatais (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2010).

A hipertensão arterial é uma das doenças de maior prevalência no mundo, e sua incidência aumenta com a idade. Caracteriza-se pelo aumento da PA, tendo como causas a hereditariedade, a obesidade, o sedentarismo, o etilismo, o estresse, entre outros (SANTOS e BACKES, 2009).

A hipertensão arterial é uma alteração do aparelho circulatório tornando-se um dos principais fatores associados ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares, como aterosclerose coronariana, e insuficiência cardíaca, bem como de outras doenças como insuficiência renal e derrames cerebrais (VELLOSO e LORENZO, 2007). Trata-se, portanto de uma doença crônica, na maioria das vezes assintomática, e que requer tratamento para o seu controle (SANCHEZ, PIERIN e JUNIOR, 2004).

A principal relevância da identificação e controle da hipertensão arterial reside na redução das suas complicações, tais como doença cérebro-vascular; doença arterial coronariana; insuficiência cardíaca; doença renal crônica; doença arterial periférica

(BRASIL, 2006). Entretanto, Santos e Lima (2008), afirmam que a não adesão ao tratamento é um dos fatores que dificultam o controle e tratamento da hipertensão arterial. Um dos motivos para a não adesão, de acordo com os mesmos autores, é a ausência de sintomas, pois apenas a metade das pessoas que sofrem de pressão arterial alta sabe que tem a doença. Como a doença é caracterizada pela elevação da pressão arterial, o diagnóstico tardio ou não adesão do paciente ao tratamento geram complicações, que demandam internações e custos hospitalares (MIRANZI, 2008).

Desta forma as modificações de estilo de vida são de fundamental importância no processo terapêutico e na prevenção da hipertensão e doenças cardiovasculares, como a alimentação adequada, sobretudo quanto ao consumo do sal, controle do peso, prática de atividade física e redução do uso excessivo de álcool (BRASIL, 2006). Silva (2012) afirma que a investigação de áreas de risco de ocorrência da doença, também pode ser considerada como ação de planejamento e prevenção da hipertensão, já que o seu desenvolvimento está relacionada aos hábitos sociais e culturais da população.

### **3.5 Diabetes *mellitus***

O diabetes *mellitus* é uma síndrome de etiologia múltipla, decorrente da falta de insulina e/ou incapacidade de a insulina exercer adequadamente seus efeitos. Suas consequências em longo prazo incluem disfunção e falência de vários órgãos, especialmente os rins, olhos, nervos, coração e vasos sanguíneos (BRASIL, 2001).

Existem dois tipos principais de diabetes:

- Diabetes de tipo I: geralmente se desenvolve na infância e adolescência e os pacientes necessitam de injeção de insulina ao longo da vida para sobreviver (WHO, 2013).
- Diabetes de tipo II: De acordo com a OMS (2013) este tipo de diabetes, geralmente se desenvolve na idade adulta e está relacionada com a obesidade, falta de atividade física e alimentação não saudável. Este é o tipo mais comum de diabetes, representando 90% dos casos de diabetes em todo o mundo, e o tratamento pode envolver mudanças de estilo de vida e perda de peso, ou medicação oral ou injetável (WHO, 2013).

O diabetes *mellitus* apresenta alta morbimortalidade, perda importante na qualidade de vida e incorre em altos encargos para os sistemas de saúde. É uma das principais causas de mortalidade, insuficiência renal, amputação de membros inferiores, cegueira e doença cardiovascular em todo o mundo, incluindo doenças coronarianas e

acidentes vasculares encefálicos (TOSCANO, 2004). Se configura como uma epidemia mundial, traduzindo em grande desafio para os sistemas de saúde de todo o mundo, em que o envelhecimento da população, a urbanização crescente e a adoção de estilos de vida pouco saudáveis como sedentarismo, dieta inadequada e obesidade são os grandes responsáveis pelo aumento da incidência e prevalência do diabetes (BRASIL, 2006).

Segundo Schmidt et al. (2009), 9% dos gastos hospitalares do Sistema Único de Saúde (SUS) representam as internações atribuídas ao diabetes. Além disso, Miranzi (2008) afirmam que o tratamento do diabetes representa maior custo do que o investimento em ações de promoção à saúde e prevenção de doenças.

Cabe também mencionar a relação existente entre hipertensão e diabetes, em que o diabetes compreende um fator de risco importante para o desenvolvimento da hipertensão arterial, em que a coexistência da doença e do diabetes tipo II coloca o paciente sob riscos duas vezes maior de apresentar complicações cardiovasculares, em relação aos hipertensos não diabéticos (BRASIL, 2006). Estes mesmos autores afirmam que o diabetes pode causar hipertensão arterial decorrente da resistência à insulina, que estimula o sistema nervoso simpático a promover a vasoconstrição, elevando a pressão arterial, gerando a hipertensão.

Assim a hipertensão e o diabetes surgem como doenças crônicas que constituem importantes fatores de risco para as principais causas de morte no Brasil, conduzindo a elevados custos sociais e financeiros (MIRANZI, 2008). Torna-se então necessário melhorar o planejamento e monitoramento destas doenças, destacando como auxílio de gestão a identificação de áreas de riscos como iniciativa importante a ser utilizada pela equipe de saúde, principalmente como apoio de decisões (SILVA, 2012; ALVES JUNIOR, 2011).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se um estudo descritivo, de caráter exploratório, com a finalidade de avaliar a distribuição espacial das taxas de prevalência de hipertensão arterial e diabetes *mellitus* no Estado de Minas Gerais, no período de 2002 a 2012, por meio da aplicação de métodos de análise espacial.

### 4.1 Bases de Investigação

Inicialmente, foi realizado levantamento do número total de casos de hipertensos e diabéticos registrados em todos os municípios mineiros, durante o período de estudo.

Para as informações referentes à hipertensão e diabetes (tipo I e II), foram considerados todos os casos de homens e mulheres com mais de 15 anos de idade, conforme registros do Cadastro Familiar existentes no Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB) de Minas Gerais, constantes no Departamento da Atenção Básica do Sistema Único de Saúde (DATASUS), um órgão da Secretaria Executiva do Ministério da Saúde, referente ao período citado e para tabular estes dados foi utilizado o software TabWin 3.6b (DATASUS, 2010).

O território de Minas Gerais possui cerca de 586.522,122 Km<sup>2</sup> de área, dividido em 853 municípios, com uma população de 19.597.330 pessoas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS - IBGE, 2013). Para as análises espaciais, foram considerados os 853 municípios de Minas Gerais, como unidades de análises espaciais, sendo que a malha digital dos municípios foi obtida no site do IBGE.

### 4.2 Análise Exploratória dos Dados

Foram realizados os cálculos para as taxas de prevalência de hipertensão arterial e diabetes *mellitus*, às quais foram compostas por todos os casos de hipertensão e diabetes, considerando a população total com idade superior a 15 anos dos municípios de Minas Gerais, baseados no Censo do ano de 2010 (IBGE, 2013).

Para o cálculo das taxas por município e em cada ano estudado, utilizou-se o método proposto pela Rede Interagencial de Informação para a Saúde – Ripsa (2008), em que propõem realizar o cálculo por meio de:

$$\frac{\text{Número de indivíduos com hipertensão ou diabetes}}{\text{Número total de indivíduos maiores de 15 anos por município}} \times 100 \quad (4)$$

Após calcular as taxas de prevalência de hipertensão e diabetes para cada município mineiro nos anos avaliados, ambas as variáveis foram adicionadas à tabela de atributos, que juntamente aos respectivos geocódigos municipais foram salvos em um arquivo formato (.mdb), de modo a ser compatível com o banco de dados que foi criado no software livre TerraView, versão 4.1.0 do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (TERRAVIEW, 2010). Gerou-se um banco de dados no TerraView 4.1.0, com a importação da malha digital dos municípios e da tabela de atributos. Os dados foram georeferenciados na projeção SAD 69.

Foi realizada também uma análise descritiva dos dados, apresentando a amplitude, a média geral, variância e o coeficiente de variação, para as taxas de hipertensão e diabetes em cada ano estudado, com o objetivo de avaliar o comportamento dos dados obtidos. Foi aplicado ainda o Teste Shapiro-Wilk, para verificar a existência de normalidade dos dados, considerando a hipótese de nulidade como não existência de normalidade e a hipótese alternativa como presença de normalidade dos dados. Para estas análises foi utilizado o Software Livre R 2.15.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

### **4.3 Procedimentos e Técnicas de Estatística Espacial**

#### **4.3.1 Análise espacial de dados de área**

As análises de dados de área foram realizadas valendo-se dos recursos de análises de estatística espacial disponíveis no TerraView 4.1.0 (TERRAVIEW, 2010), conforme a característica das informações obtidas, com o intuito de identificar a distribuição espacial das taxas de hipertensão e diabetes de forma a apontar a existência de áreas de maior gravidade do problema.

Para o desenvolvimento metodológico adotou-se o uso de uma legenda baseada em percentis para categorizar as classes das taxas de prevalência de hipertensão ou de diabetes, em que foi avaliada em cinco classes para cada ano, e caracterizada por muito baixa apresentada na cor azul, baixa na cor verde, média na cor amarelo, alta na cor laranja e muito alta na cor vermelho. Esta categorização foi adotada para avaliação da distribuição espacial em cada ano estudado. As classes não apresentam os mesmos intervalos para todos os anos do período.

Com o objetivo de identificar a distribuição espacial da taxa de prevalência de hipertensão arterial e de diabetes em Minas Gerais, foram construídos os mapas por quintil, como parâmetro de agrupamento, para cada ano estudado, sendo apresentada a distribuição espacial de um evento de saúde.

A seguir foi necessário construir a matriz de distância espacial, sendo definida pelo método da fronteira comum, ou seja, os municípios serem ou não vizinhos, que utiliza o valor 1 (um) para os municípios vizinhos e o (zero) quando estes não possuem fronteira próxima, conforme proposto por Druck et al. (2004).

Para analisar as variações das tendências espaciais das taxas de hipertensão e diabetes, utilizou-se a média móvel local. Para o cálculo da média móvel local de cada município em estudo e em cada ano, utilizou-se a fórmula descrita a seguir:

$$\hat{\mu}_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} Y_j$$

(5)

Em que  $i = 1; \dots; n = 853$  e  $j = 1; \dots; n = 853$ , para as regiões do estado de Minas Gerais.  $w_{ij}$  e  $Y_j$  representam, respectivamente, os elementos da matriz de proximidade espacial padronizada de primeira ordem e o valor observado da variável taxa de hipertensão arterial ou de diabetes. Para avaliar a significância do teste foram desenvolvidas 99 permutações.

#### 4.3.1.1 Autocorrelação espacial

Para a avaliação da autocorrelação foi calculado o Índice de Moran Global, levando em consideração as taxas de prevalência de hipertensão e diabetes de todos os municípios, sendo calculado para cada ano estudado. Com relação ao Índice de Moran Global, cabe ressaltar que foi realizado o teste de 99 permutações aleatórias do nível de significância de  $I$ , sob a hipótese nula de ausência de autocorrelação espacial entre os municípios de Minas Gerais e também que existem outros índices de autocorrelação, como o índice de Geary e de Tango, porém optou-se por utilizar o índice de Moran.

Para avaliar a significância da estatística  $I$  de Moran, as seguintes hipóteses foram estabelecidas:

$H_0: I = 0$  (não existe autocorrelação espacial entre os municípios);

$H_1: I > 0$  (existe autocorrelação espacial positiva entre os municípios).

Para mensurar os efeitos de dependências espaciais entre os municípios, foram utilizados os índices de Moran global, que é definido por:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (Y_i - \bar{Y})(Y_j - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (6)$$

Com  $i = 1; \dots; n = 853$  e  $j = 1; \dots; n = 853$ , para as regiões do estado de Minas Gerais.  $w_{ij}$  e  $Y_j$  representam, respectivamente, os elementos da matriz de distância espacial padronizada de primeira ordem  $Y_i$  e  $Y_j$  são os valores observados das variáveis taxas de prevalência de hipertensão ou diabetes, dos municípios  $A_i$  e  $A_j$ . O valor de  $\bar{Y}$  é a média do valor observado da variável taxa de hipertensão ou diabetes de todos os municípios do estado de Minas Gerais.

Como ferramenta para visualizar a autocorrelação espacial local, existente entre os municípios, utilizou-se o Índice de Moran Local para encontrar a correlação espacial dessas áreas e propor ainda detalhar o Índice de Moran Global. Este índice é dado pela expressão:

$$I = (Y_i - \bar{Y}) \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (Y_j - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 / n} \quad (7)$$

Nesta expressão,  $i = 1; \dots; n = 853$  e  $j = 1; \dots; n = 853$ , para as regiões do estado de Minas Gerais.  $w_{ij}$  são os elementos da matriz de proximidade espacial padronizada de primeira ordem e  $Y_i$  e  $Y_j$  são os valores observados das variáveis taxas de hipertensão ou diabetes, dos municípios  $A_i$  e  $A_j$ ;  $\bar{Y}$  é a média do valor observado da variável taxa de hipertensão ou diabetes de todos os municípios do estado de Minas Gerais. Assim, ao calcular este índice, foi apresentada uma coluna para cada atributo estudado com as seguintes informações: o vetor dos desvios dos valores observados (Z),

o vetor de média ponderada local (WZ), o índice de Moran local (Moran Index), e o valor da estatística p (LISA Sig).

Para a análise de padrão espacial foi proposto calcular o *LISA Sig*, a partir dos valores da correlação entre as taxas para cada uma das unidades sob estudo, a uma significância de 0,05. Uma vez determinada a significância da estatística de Moran (LISA) foi possível visualizar através dos mapas temáticos denominados *LISASig*.

Ainda relacionado à análise local foi proposto desenvolver os mapas denominados *BoxMap* para as taxas de prevalência de hipertensão e diabetes, ao longo dos anos estudados em Minas Gerais, em que cada município foi classificado conforme sua posição em relação aos quadrantes do gráfico de espalhamento de Moran, recebendo uma cor correspondente no mapa gerado.

Para a identificação das áreas de maior, menor e intermediária de taxa de prevalência de hipertensão ou de diabetes, foram elaborados os mapas a partir dos resultados do índice de Moran local (*BoxMap*). Para o quadrante 1 (Q1 +/+), municípios com altas taxas de prevalência e vizinhos também com altas taxas de prevalência, representado pela cor vermelho; quadrante 2 (Q2 -/-), municípios com baixas taxas de prevalência e vizinhos também com baixas taxas de prevalência, representado pela cor azul; quadrante 3 (Q3 +/-), municípios com altas taxas de prevalência e vizinhos com baixas taxas de prevalência, representado pela cor amarelo; quadrante 4 (Q4 -/+), municípios com baixas taxas de prevalência e vizinhos com altas taxas de prevalência, representado pela cor verde. Em Q1 e Q2, a associação espacial é positiva (municípios e seus vizinhos com valores semelhantes), por outro lado, em Q3 e Q4, a associação é negativa (municípios e seus vizinhos com valores diferentes).

As análises espaciais de dados de área e os mapas temáticos foram realizados por meio do software livre TerraView, versão 4.1.0 do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (TERRAVIEW, 2010).

#### **4.3.2 Detecção de *clusters* espaço-temporal**

Com a finalidade de localizar áreas de risco ou críticas para os casos de hipertensos e diabéticos verificados no estado de Minas Gerais, foi realizada a análise de detecção de *clusters* espaço-temporal, em que considerou-se a variável taxa de prevalência de hipertensão arterial e taxa de prevalência de diabetes *mellitus*, referente ao período do estudo.

Os eventos em estudo foram agregados por área e pelo intervalo de tempo (2002 - 2012), sendo o *cluster* um conjunto conexo de regiões do mapa onde o risco de ocorrência de tais eventos é elevado.

Para estas análises utilizou-se o software SATSCAN versão 9.2 (KULLDORFF, 2013).

Os mapas que apresentaram o *cluster* mais verossímil detectado pela estatística *Scan* espaço-temporal, foram apresentados no formato shapefile (IBGE) contendo todos os municípios do estudo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Hipertensão arterial

A seguir serão apresentados os resultados da Análise de Dados de Área (ADA) para a variável taxa de prevalência de hipertensão arterial sistêmica para os 853 municípios de Minas Gerais, referentes ao período de 2002 a 2012, bem como os resultados de identificação de áreas de risco ou críticas para os mesmos casos.

#### 5.1.1 Análises iniciais

Para as primeiras análises foi coletado o número total de casos de hipertensão arterial por ano, bem como sua prevalência anual, no período de 2002 a 2012, em todo o estado de Minas Gerais, conforme Tabela 5. Verifica-se que a taxa de prevalência por ano em hipertensão arterial aumentou neste período.

**Tabela 5: Total de casos e taxa de prevalência de hipertensão arterial dos indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.**

<b>Ano</b>	<b>Total de hipertensos &gt; 15 anos / ano</b>	<b>Taxa de prevalência de hipertensão arterial / ano (%)</b>
2002	809.786	5,33
2003	863.311	5,68
2004	942.719	6,20
2005	1.093.564	7,19
2006	1.243.685	8,18
2007	1.424.203	9,37
2008	1.409.069	9,27
2009	1.563.500	10,29
2010	1.860.474	12,24
2011	1.790.822	11,78
2012	1.872.078	12,32

Fonte: Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB) - Cadastro Familiar - Minas Gerais / Adaptado DATASUS (2013).

O aumento da prevalência de hipertensão arterial observada em Minas Gerais no período de 2002 a 2012 corrobora àqueles índices verificados no Brasil para as doenças cardiovasculares. Elas apresentam altas taxas de prevalência, aparecendo em

primeiro lugar entre as causas morte, e representando quase um terço dos óbitos totais do país (PAULA et al. 2013).

De acordo com Sociedade Brasileira de Cardiologia (2010) a hipertensão apresenta alta taxa de prevalência, sendo considerado um dos principais fatores de risco e um dos mais importantes problemas de saúde pública, pois a mortalidade por doença cardiovascular aumenta progressivamente.

Na Tabela 6 é apresentado o resumo estatístico das taxas de prevalência de hipertensão arterial no estado de Minas Gerais em todos os anos estudados e em todos os municípios.

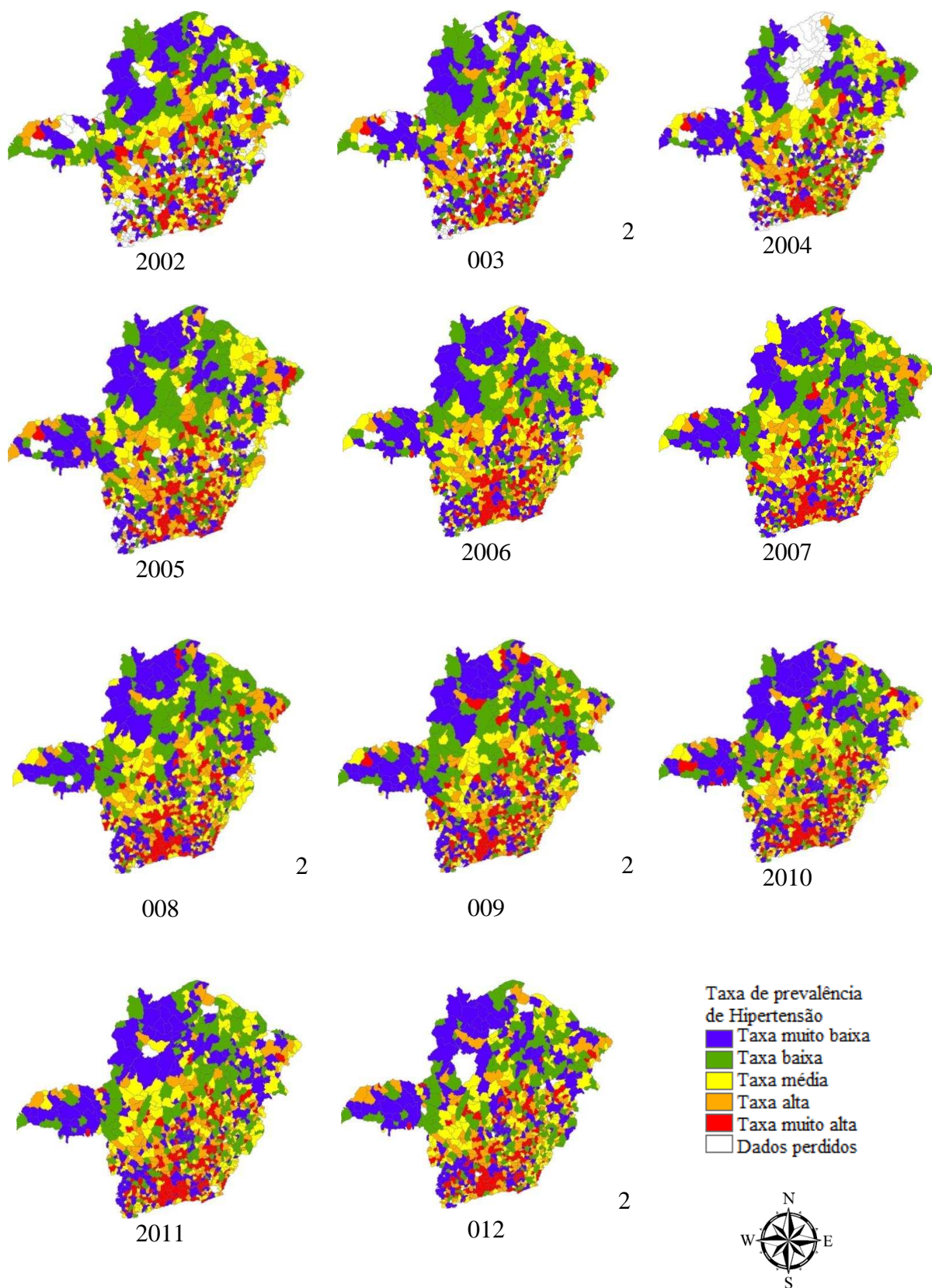
**Tabela 6: Valores de amplitude, médios, com as respectivas variâncias e coeficiente de variação e o teste Shapiro-Wilk das taxas de prevalência de hipertensão arterial dos indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.**

Ano	Amplitude	$\bar{X}$	$S^2$	CV (%)	p-valor
2002	25,77	7,71	28,02	68,63	$8,47 \times 10^{-14}$
2003	57,81	8,83	32,91	64,96	$2,20 \times 10^{-16}$
2004	32,12	9,41	35,16	62,98	$5,64 \times 10^{-12}$
2005	27,67	11,33	33,76	51,26	$2,70 \times 10^{-07}$
2006	36,74	12,87	32,86	44,55	$6,17 \times 10^{-04}$
2007	39,57	13,10	34,80	42,14	$4,16 \times 10^{-04}$
2008	79,81	15,00	41,75	43,07	$2,20 \times 10^{-16}$
2009	106,19	16,59	60,75	46,97	$2,20 \times 10^{-16}$
2010	126,71	18,75	198,32	75,12	$2,20 \times 10^{-16}$
2011	33,59	16,98	35,13	34,90	$1,64 \times 10^{-04}$
2012	34,05	17,55	36,83	34,58	$7,31 \times 10^{-08}$

Verifica-se que a média geral, descreve o aumento da taxa de prevalência de hipertensão em Minas Gerais com o avançar dos anos. Em relação à dispersão dos dados, destacam-se os anos de 2009 e 2010 com maior dispersão, porém durante a pesquisa houve uma importante ausência de dados referente ao número de casos de alguns municípios de Minas Gerais nos anos 2008, 2009 e 2010, sendo classificados como dados perdidos. Outro fato importante a ser destacado é a ausência de normalidade dos dados, com base no teste Shapiro-Wilk com p-valor não significativo para todos os anos avaliados.

### 5.1.2 Distribuição espacial da prevalência de hipertensão arterial

A distribuição espacial da taxa de prevalência de hipertensão arterial dos municípios de Minas Gerais, para cada ano estudado, pode ser observada, por meio dos mapas por quintil, na Figura 5.



**Figura 5:** Mapas de distribuição espacial da taxa de prevalência de hipertensão arterial referente ao período de 2002 a 2012 no estado Minas Gerais.

O território foi analisado de forma exploratória, com o objetivo de verificar a ocorrência de um padrão de distribuição espacial para o agravo à saúde dado pela hipertensão arterial. Assim, ao visualizar a distribuição espacial da taxa da prevalência anual da hipertensão, Figura 5, percebe-se que aqueles municípios situados no sul do estado apresentaram as maiores taxas para as classificações alta e muito alta. Já os municípios que se situavam ao norte do estado apresentaram as menores taxas de prevalência para o período analisado.

Cabe ressaltar também, que a maior abrangência de municípios com maiores taxas de prevalência de hipertensão são apresentados nos últimos anos avaliados.

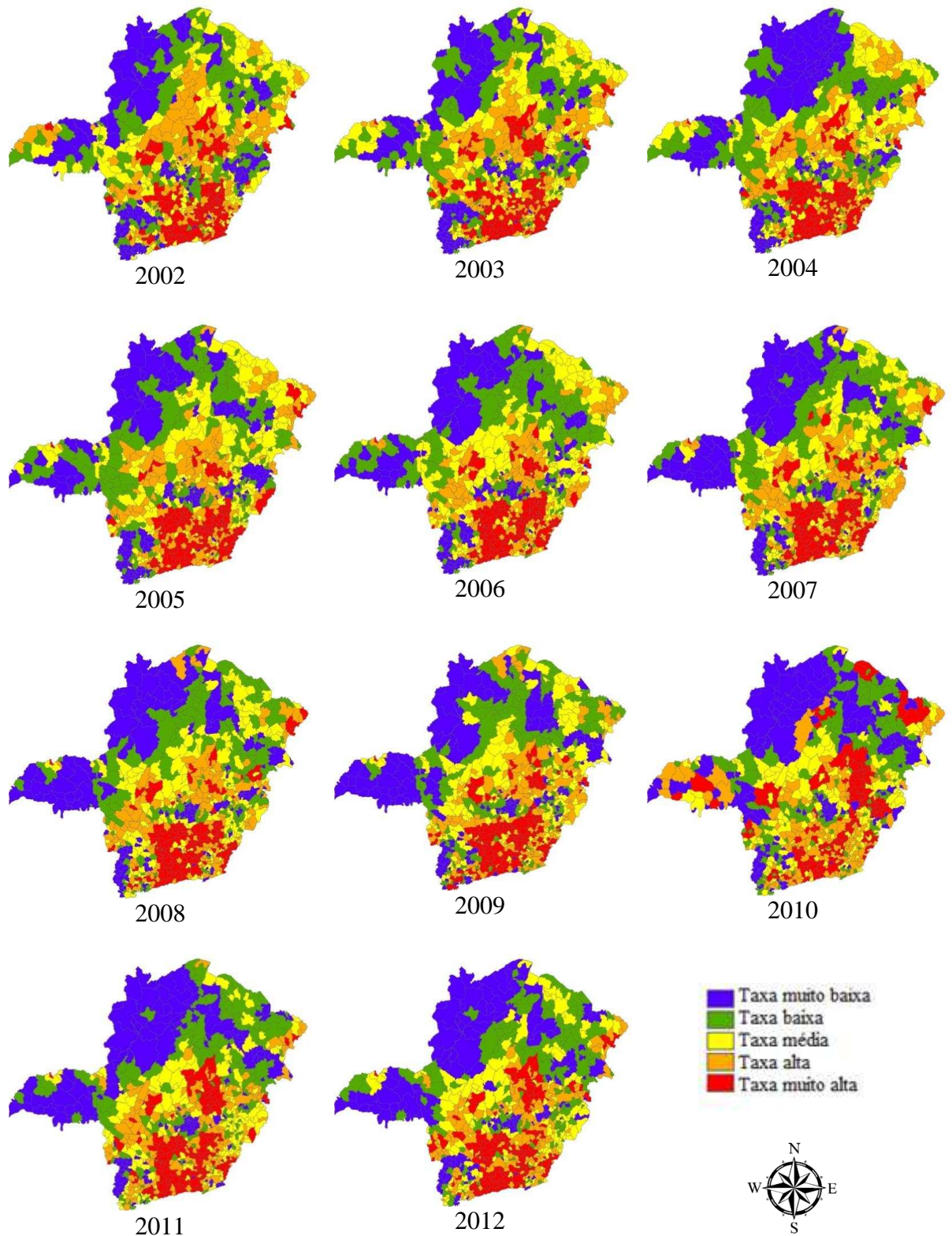
Almeida (2011) e Oliveira et al. (2012) considerando a prevalência de hipertensão entre homens e mulheres com mais de 50 anos em Minas Gerais no período entre 2002 a 2011, apresentaram resultados que corroboram a estes.

As técnicas de análise espacial, utilizadas neste estudo, permitiram identificar que o padrão de distribuição espacial das taxas de hipertensão não ocorre de forma aleatória, ou seja, agrupamentos de taxas similares são percebidos, distinguindo taxas altas no sul e taxas baixas no norte.

A apresentação da distribuição espacial destes casos pode ser interpretada pelas características e estilo de vida da população, como apresentado por Paula et al. (2013), que destacam a relação do perfil de doenças crônicas da população mundial com o avanço tecnológico, que concorre para o desenvolvimento de uma sociedade sedentária e obesa, aumentando a ocorrência de doenças crônicas, como hipertensão. Kearney et al. (2005) afirmam que a prevalência de hipertensão é maior em países desenvolvidos do que em países em desenvolvimento, mas a população de países em desenvolvimento, também contribui para o número total de indivíduos hipertensos no mundo.

### **5.1.3 Padrão espacial – Média móvel local**

Ao se comparar visualmente os mapas de distribuição espacial das taxas de prevalência de hipertensão com aqueles de média móvel local (Figura 6) de todos os anos avaliados, foi possível perceber que a média móvel local forneceu um alisamento na distribuição espacial da prevalência de hipertensão e contribuiu para a identificação do padrão espacial de valores altos desta taxa nas regiões sul do estado e taxas baixas no norte do estado durante o período analisado.



**Figura 6:** Mapas da Média Móvel Local da variável taxa de prevalência de hipertensão arterial referente ao período de 2002 a 2012.

#### 5.1.4 Autocorrelação espacial - Índice de Moran global

Em ADA é fundamental obter um indicador da autocorrelação espacial global, o que pode ser conseguido com o Índice de Moran Global, que foi calculado para cada ano estudado, levando em consideração as taxas de prevalência de hipertensão de todos os municípios, conforme Tabela 7.

**Tabela 7: Índice de Moran Global das taxas de prevalência de hipertensão arterial dos indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.**

Anos avaliados	<i>I</i>	p - valor
2002	0,1802	0,01
2003	0,2017	0,01
2004	0,2711	0,01
2005	0,2586	0,01
2006	0,2650	0,01
2007	0,2504	0,01
2008	0,2148	0,01
2009	0,1585	0,01
2010	0,0690	0,01
2011	0,2396	0,01
2012	0,2394	0,01

Com relação ao Índice de Moran Global, cabe ressaltar que foi realizado o teste de permutação aleatória, do nível de significância de *I* sob a hipótese nula, de ausência de autocorrelação espacial entre os municípios de Minas Gerais.

Ao observar os resultados, pode-se afirmar que a hipótese nula, de ausência de autocorrelação espacial entre os municípios, com relação à variável taxa de hipertensão, foi rejeitada ao nível de 1% de significância, mesmo diante de baixas estimativas como os anos 2002, 2009 e 2010. Como os valores de *I* foram positivos para todos os anos estudados e os testes foram significativos, pode-se assegurar que existe um padrão de dependência espacial de distribuição da taxa de hipertensão em Minas Gerais. Assim, verifica-se autocorrelação espacial direta entre os municípios, ou seja, a taxa de hipertensão de um município tende a ser mais semelhante ao município vizinho, do que ao município mais distante. Esta situação foi detectada em todo o período do estudo e cabe ressaltar que os hábitos de vida culturais, assim como o cenário econômico contribui com a divisão de áreas em atividades alta e baixas, o que permite refletir em formas de bens e serviços trocados entre pequenas e grandes regiões (BAILEY e GATRELL, 1995).

Corroborando com estes resultados, cita-se um estudo, que utilizou técnicas de análises espaciais, que foi desenvolvido no Vale do Paraíba, entre 2004 e 2005, relacionado à doença do coração, e também apresentou autocorrelação espacial positiva significativa (SOARES; NASCIMENTO, 2009). Resultados semelhantes foram apresentados por Silva (2012) que analisou a distribuição espacial de hipertensão num estudo de caso das unidades de Saúde Familiar do ACES Espinho Gaia, apresentado autocorrelação espacial positiva.

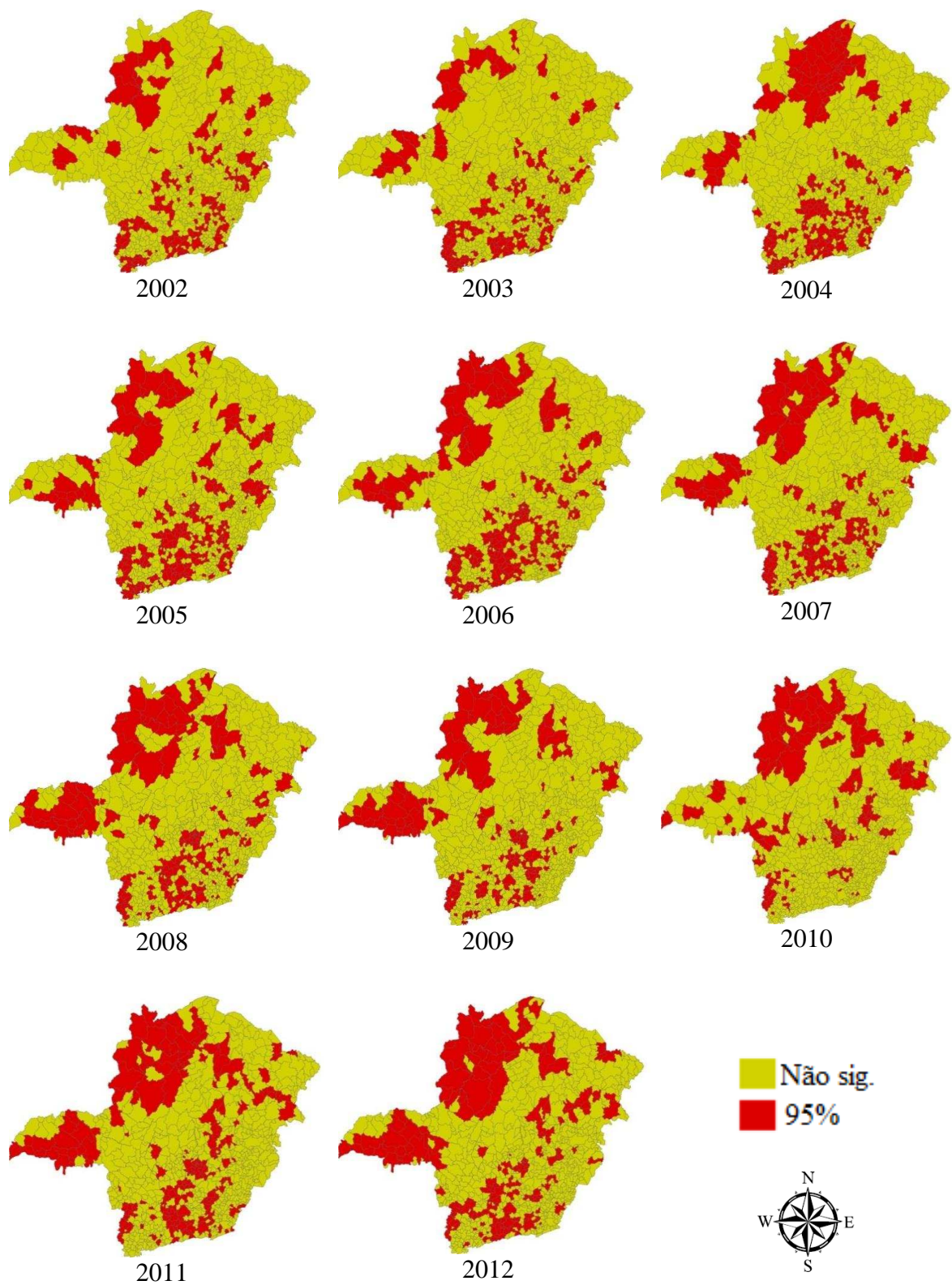
Resultados diferentes foram apresentados em uma análise da distribuição espacial da mortalidade por doenças cardiovasculares na população de 30-79 anos no Estado do Paraná, entre os períodos de 1989 – 1991 e 2006 – 2008, em que ao avaliar a autocorrelação, verificou-se que não houve dependência espacial para a taxa de mortalidade por doença cardiovascular (MULLER et al. 2012). Resultados semelhantes a estes, foram apresentados num estudo sobre a mortalidade por doença do coração em idosos, realizado no Rio de Janeiro, que também não encontrou autocorrelação espacial das taxas de mortalidade por doença do coração (PERISSÉ; MEDRONHO; ESCOSTEGUY, 2010).

### **5.1.5 Índice local de associação espacial – LISA**

O Índice de Moran Global fornece um único valor como medida da associação espacial para todo o conjunto de dados de área, porém torna-se necessário avaliar padrões espaciais numa escala de maior detalhe, sendo utilizado índices de associação espacial às diferentes localizações, permitindo identificar agrupamentos.

Desta forma, foi realizado a análise de autocorrelação espacial local, por meio do *LISASig* e *BoxMap* para as taxas de prevalência de hipertensão, ao longo dos anos estudados em Minas Gerais.

Verifica-se por meio da análise *LISASig* que regiões de p-valor maior que 0.05, não apresentam autocorrelação espacial significativa e as demais regiões apresentam significância (Figura 7). Assim, observa-se que ao longo dos anos (2002 – 2012), o número de municípios com LISA significativo aumentou, principalmente na região noroeste do estado, que apresentou significância em todos os anos, ou seja, os municípios situados nesta região exercem influência, em relação a variável estudada.



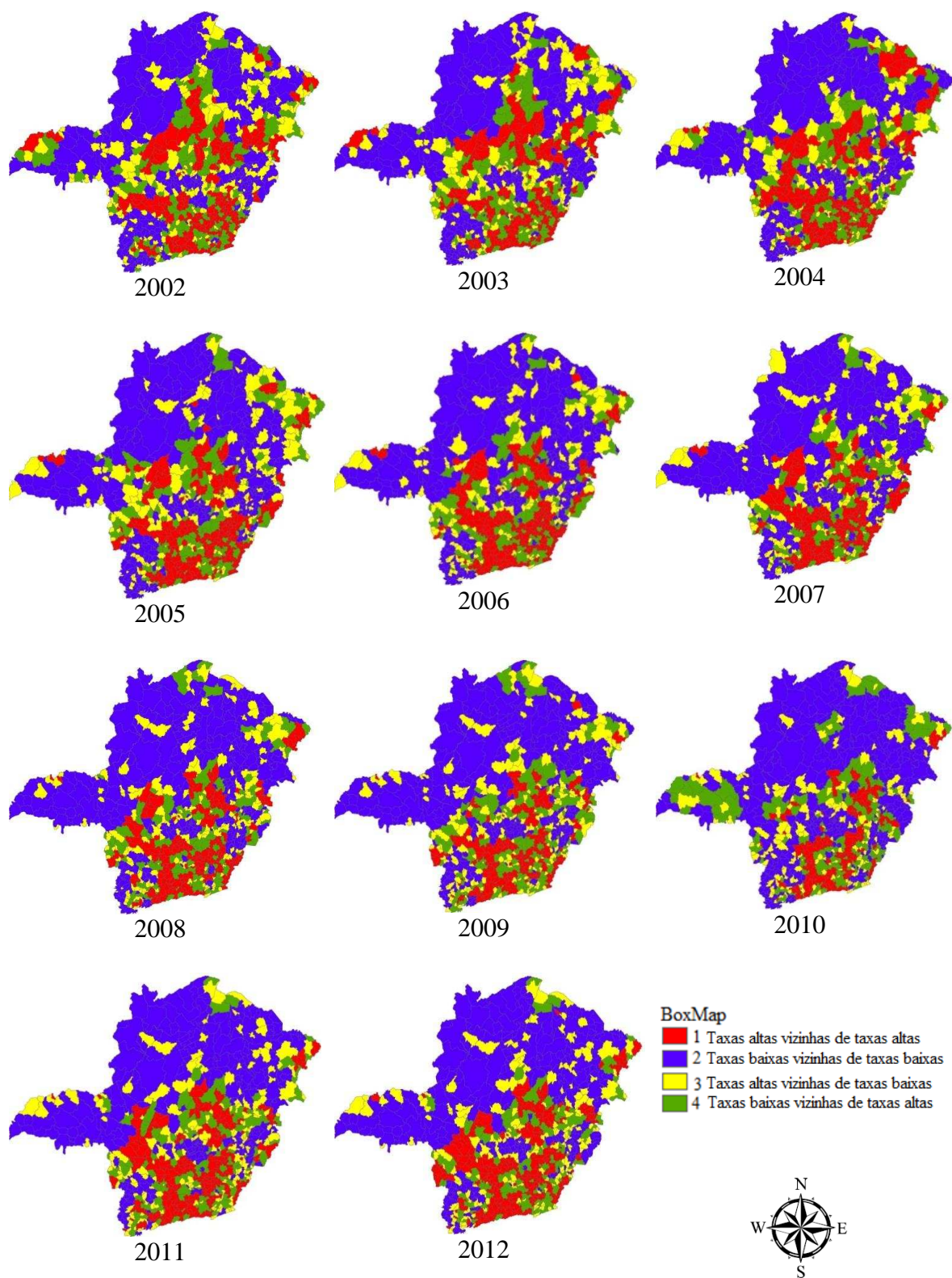
**Figura 7:** Mapas dos clusters do Índice de Moran Local – *LISA*Sig, Minas Gerais, prevalência de hipertensão arterial referente ao período de 2002 a 2012.

Com relação à análise *LISASig* foi possível identificar que ao longo dos anos estudados houve um aumento do número dos municípios com *LISA* significativo e ao comparar com a taxa média de hipertensão arterial, identificou-se o aumento do número de municípios com taxas médias de prevalência de hipertensão muito altas e altas e conseqüentemente redução do número de municípios com taxas médias de prevalência de hipertensão baixas e muito baixas, conforme apresentado na Tabela 8. Porém cabe ressaltar que durante a pesquisa houve uma importante ausência de dados referente ao número de casos de alguns municípios de Minas Gerais nos anos 2008, 2009 e 2010, fato que possa explicar a queda do número de municípios, nos respectivos anos, com taxa média de hipertensão muito alta e alta.

**Tabela 8: Total de municípios com *LISA* significativo e total de municípios com taxas médias de hipertensão muito alta e alta para indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.**

	<b>Total de Mun. <i>LISA</i> Significativo</b>	<b>Nº Mun. com taxa média de hipertensão muito alta e alta</b>
2002	171	105
2003	179	148
2004	220	152
2005	233	226
2006	240	285
2007	222	295
2008	217	81
2009	187	14
2010	160	43
2011	223	382
2012	219	418

Em seguida, propondo ainda detalhar o Índice de Moran Global foram construídos os mapas de *Box Map* para as taxas de prevalência da hipertensão, para cada ano estudado, conforme apresentado na Figura 8.



**Figura 8:** Mapas dos *clusters* do Índice de Moran Local – *Box Map*, Minas Gerais, prevalência de hipertensão arterial referente ao período de 2002 a 2012.

Observa-se os aglomerados dos municípios para o Índice de Moran Local – *Box Map*, em que os municípios com classificação 1 (vermelho) apresentam taxas de prevalência altas sendo vizinhos de municípios com taxas altas, já os municípios com classificação 2 (azul) apresentam taxas baixas sendo vizinhos de municípios com taxas baixas, aqueles que possui a classificação 3 (amarelo) e 4 (verde) apresentam taxas altas ou baixas e os municípios vizinhos apresentam taxas diferentes, baixas ou altas respectivamente.

Esta estatística permite comparar o valor das taxas de prevalência de cada município com seus vizinhos, indicando autocorrelação espacial local, ou seja, o grau de similaridade entre os vizinhos. Desta forma, verifica-se (Figura 8) que a maior parte dos municípios de Minas Gerais estão localizados nos quadrantes alto – alto (vermelho - 29%) e baixo – baixo (azul - 32%), em todos os períodos. Estes resultados estão de acordo com o Índice de Moran global calculado, pois mostra que a maioria dos municípios encontram-se nos quadrantes que representam a existência de autocorrelação espacial positiva.

Verifica-se por meio de uma diagonal traçada da parte sudoeste a noroeste do estado, que os municípios localizados na parte inferior da diagonal, estão situados nos quadrantes alto – alto e aqueles das regiões superior a diagonal estão localizados nos quadrantes baixo – baixo, comprovando a existência de autocorrelação espacial positiva, ou seja, percebe-se que pelo *Box Map*, existe similaridade entre os municípios com taxas altas de prevalência de hipertensão, localizados na porção inferior da diagonal do mapa e similaridade entre os municípios com taxas baixas de prevalência de hipertensão, localizados na porção superior do mapa. Corroborando a estes resultados, Almeida (2011) e Oliveira et al. (2012) utilizando técnicas de análises espaciais e considerando a prevalência de hipertensão entre homens e mulheres com mais de 50 anos em Minas Gerais entre 2002 a 2011, verificaram que as maiores taxas de prevalência da doença apareceram na região sudoeste do mapa.

Uma aplicação desse resultado é a geração de decisões baseada nesta análise, ou seja, priorizar o agrupamento de municípios de altas taxas de prevalência de hipertensão vizinhos de municípios com o mesmo comportamento, como a região prioritária de controle da hipertensão, já que a Sociedade Brasileira de Cardiologia (2010) afirma que as taxas de controle da hipertensão são baixas. Logo, pode-se utilizar esta ferramenta para selecionar os principais locais com taxas altas, na tentativa de propor ações de controle, bem como monitorar as regiões que apresentam taxas baixas.

### 5.1.6 Detecção de *Clusters*

Pode-se observar o *cluster* mais verossímil encontrado pela estatística Scan espaço-temporal na Figura 9, referente às taxas de prevalência de hipertensão.



**Figura 9:** Mapa do *cluster* primário mais verossímil da Estatística Scan espaço-temporal, Minas Gerais, taxa de prevalência de hipertensão arterial referente ao período de 2002 a 2012.

Foi identificado um *cluster* significativo que persistiu no espaço e no tempo, sendo localizado no sul do estado, entre os anos de 2002 a 2012, e tal localização apresenta as taxas mais altas de prevalência de hipertensão, caracterizando a área de risco para esta variável.

Ao comparar estes resultados àqueles encontrados por meio do *Box Map*, verifica-se um comportamento similar, em que em ambas as metodologias, o *cluster* encontra-se no sul do estado, apontando este local como a região crítica.

Corroborando a estes resultados, Almeida (2011) e Oliveira et al. (2012) utilizando técnicas de estatística espacial Scan circular e considerando a prevalência de hipertensão entre 2002 a 2011, encontraram também o *cluster* mais verossímil na região sul de Minas Gerais.

Cardim et al. (2011), também aplicaram a estatística espacial Scan espaço-temporal para a identificação de áreas de risco de esquistossomose mansônica no município de Lauro de Freitas na Bahia (2006 – 2008) e identificou *cluster* significativo, podendo inferir que a aplicação desta metodologia é necessária no campo da saúde e em diferentes vertentes, pois Sousa (2012) também aplicou esta técnica, com a finalidade de priorizar os municípios no estado da Paraíba, por meio da identificação de *cluster* para os casos de AIDS (2000 – 2010), sendo possível visualizar as áreas cujos conglomerados persistiram.

Desta forma, cabe ressaltar que a aplicação das análises espaciais vem se consolidando na área da saúde pública por se distinguirem das demais técnicas empregadas em análise estatística, possibilitando a identificação de áreas de risco e de grupos prioritários para as intervenções.

## 5.2 Diabetes mellitus

Os resultados de identificação de áreas de risco ou críticas para a variável taxa de prevalência de diabetes *mellitus* serão apresentados a seguir, bem como os resultados da ADA para a mesma variável, considerando os 853 municípios de Minas Gerais, referentes ao período de 2002 a 2012.

### 5.2.1 Análises iniciais

A análise inicial dos casos de diabetes permitiu descrever o perfil da doença em Minas Gerais, ao longo do período estudado, em que se pode observar na Tabela 9 que o número total de casos por ano, bem como a taxa de prevalência anual de diabetes, aumentou entre 2002 e 2012.

**Tabela 9: Total de casos e taxa de prevalência de diabetes *mellitus* dos indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.**

Ano	Total de diabetes > 15 anos / ano	Taxa de prevalência de diabetes / ano (%)
2002	146.803	0,97
2003	174.432	1,15
2004	188.702	1,24
2005	212.104	1,40
2006	241.139	1,59
2007	257.759	1,70
2008	255.937	1,68
2009	291.963	1,92
2010	361.574	2,38
2011	365.708	2,41
2012	392.333	2,58

Fonte: Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB) - Cadastro Familiar - Minas Gerais / Adaptado DATASUS (2013).

Verificou-se que a taxa de prevalência de diabetes *mellitus* no estado de Minas Gerais aumentou durante o período de 2002 a 2012. Corroborando com estes resultados,

Dias e Campos (2012) apresentaram também aumento significativo da prevalência de diabetes nos estados brasileiros, entre os períodos de 2002 a 2004 e 2005 a 2007.

O aumento das taxas de prevalência de diabetes pode ser apontado pela alteração quantitativa e qualitativa da alimentação, associada à diminuição da prática de atividade física (YACH; STUCKLER; BROWNELL, 2006).

Na Tabela 10 é apresentado o resumo estatístico das taxas de prevalência de diabetes no estado de Minas Gerais em todos os anos estudados.

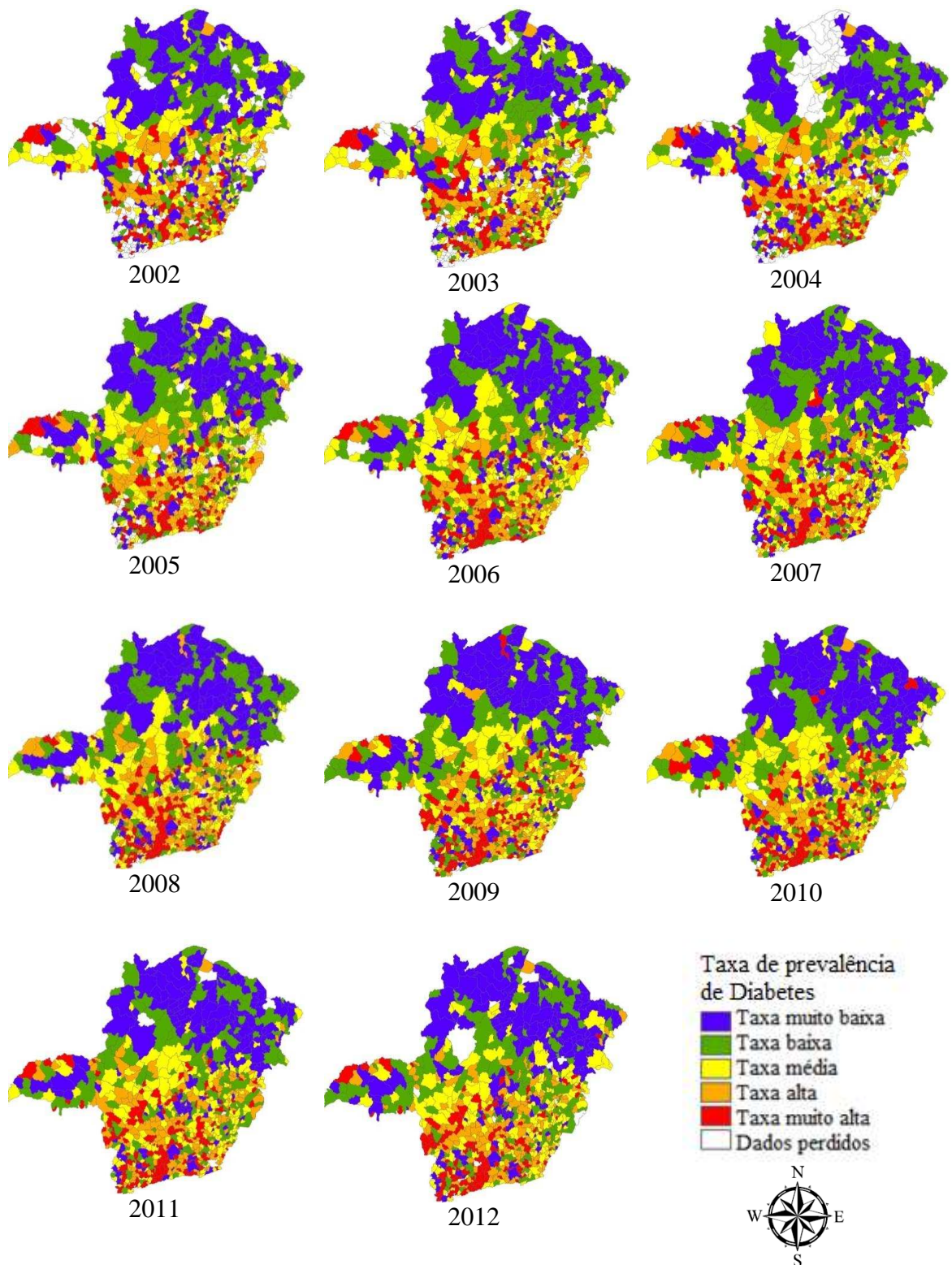
**Tabela 10: Valores de amplitude, médios, com as respectivas variâncias e coeficiente de variação e o teste Shapiro-Wilk da taxa de prevalência de diabetes *mellitus* dos indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.**

Ano	Amplitude	X	S <sup>2</sup>	CV (%)	p-valor
2002	5,73	1,27	1,00	78,90	2,20 x 10 <sup>-16</sup>
2003	10,59	1,43	1,12	73,99	2,20 x 10 <sup>-16</sup>
2004	5,49	1,52	1,15	70,64	3,46 x 10 <sup>-14</sup>
2005	5,40	1,81	1,15	59,22	1,48 x 10 <sup>-09</sup>
2006	6,52	2,09	1,23	53,12	2,08 x 10 <sup>-08</sup>
2007	6,08	2,29	1,30	49,82	1,97 x 10 <sup>-07</sup>
2008	11,31	2,51	1,62	50,65	1,01 x 10 <sup>-15</sup>
2009	16,63	2,87	2,56	55,63	2,20 x 10 <sup>-16</sup>
2010	28,33	3,37	6,90	78,05	2,20 x 10 <sup>-16</sup>
2011	9,31	3,18	1,98	44,22	2,17 x 10 <sup>-03</sup>
2012	8,73	3,38	2,16	43,41	3,18 x 10 <sup>-03</sup>

A descrição do aumento da taxa de prevalência de diabetes pode ser observada por meio da média geral no decorrer dos anos. Destaca-se o ano de 2010 com maior dispersão, porém durante a pesquisa houve uma importante ausência de dados referente ao número de casos de alguns municípios de Minas Gerais nos anos 2008, 2009 e 2010, classificados como dados perdidos. Verifica-se também que não existe normalidade dos dados, com base na análise do teste Shapiro-Wilk com p-valor não significativo para os anos avaliados.

### 5.2.2 Distribuição espacial da prevalência de diabetes *mellitus*

A descrição do perfil da distribuição espacial da taxa de prevalência de diabetes dos municípios de Minas Gerais, para cada ano estudado, pode ser observada na Figura 10, por meio dos mapas que foram construídos por quintil, como parâmetro de agrupamento.



**Figura 10:** Mapas de distribuição espacial da taxa de prevalência de diabetes *mellitus* referente ao período de 2002 a 2012 no estado Minas Gerais.

Verifica-se que as maiores taxas de prevalência de diabetes *mellitus* caracterizadas como alta e muito alta, aparecem com maior frequência na região sul do estado e ao longo do período estudado. É possível verificar também que os municípios situados ao norte de Minas Gerais, possuem taxas muito baixas e baixas de prevalência de diabetes (Figura 10).

Corroborando a estes resultados, em pesquisa realizada utilizando técnicas de análises espaciais e a prevalência de diabetes entre homens e mulheres com mais de 45 anos em Minas Gerais entre 2002 a 2011, verificaram que as maiores taxas de prevalência de diabetes apareceram na região sudoeste do mapa (ALMEIDA, 2011; OLIVEIRA et al. 2012).

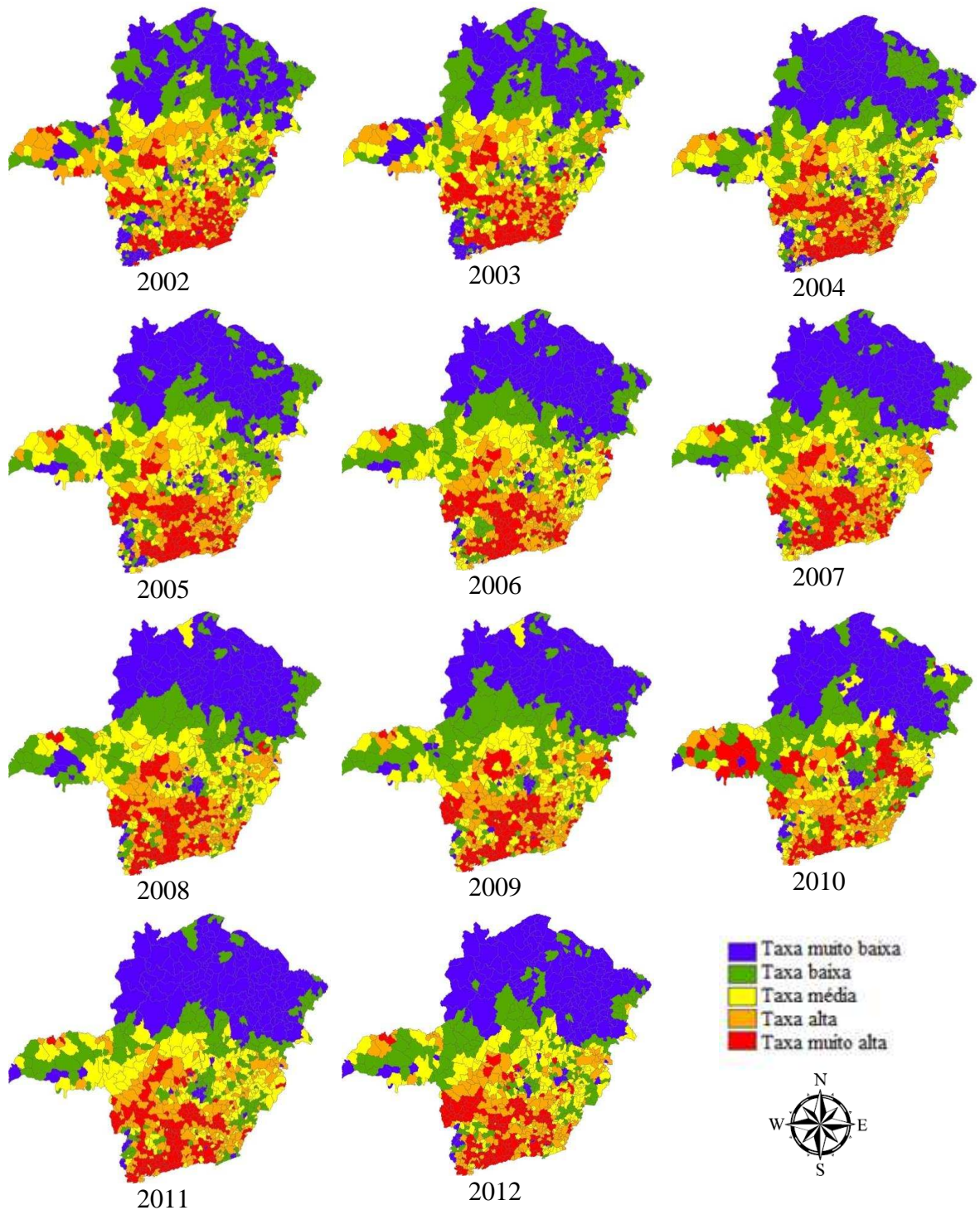
A distribuição espacial das taxas de prevalência de diabetes em Minas Gerais se assemelha à distribuição da prevalência de hipertensão, esta ocorrência pode ser justificada pelo fato de que estas doenças apresentam características em comum, pois são classificadas como doenças crônicas não transmissíveis, multifatoriais, com influência de diversos fatores comportamentais, ambientais, complicações cardiovasculares e metabólicas, como o diabetes (MAZARO et al., 2011). Paula et al. (2013) apresentam também outras características que se relacionam com estas doenças, como o estilo de vida da população, dietas hipercalóricas, sobrepeso e obesidade, contribuindo para o aumento da prevalência da hipertensão e diabetes. Outra particularidade a ser considerada é a coexistência entre essas doenças, pois a elevação da insulina pode elevar a pressão arterial pela ativação do sistema nervoso simpático, retenção de sódio, dentre outros, permitindo manter o estado hipertensivo do indivíduo (ANDRADE, 2010; MILAGRES, 2001).

Com base na visualização da distribuição espacial da taxa de prevalência de diabetes, é possível destacar que as técnicas de análise espacial permitiram identificar que o padrão espacial de distribuição espacial das taxas de diabetes também não ocorre de forma aleatória, ou seja, agrupamentos de taxas similares são observados.

### **5.2.3 Padrão espacial – Média móvel local**

Após identificar a distribuição espacial dos casos de diabetes em Minas Gerais, foram construídos por quintil os mapas de média móvel local da variável diabetes de todos os anos estudados e comparados visualmente com os mapas de distribuição espacial das taxas de prevalência de diabetes, com a finalidade de tentar reduzir a variabilidade espacial e identificar possíveis padrões espaciais (Figura 11).

É possível observar, ao comparar os mapas, que a média móvel local forneceu um alisamento na distribuição espacial da prevalência de diabetes e contribuiu para a identificação do padrão espacial de valores altos desta taxa nas regiões sul e taxas baixas no norte, durante o período analisado.



**Figura 11:** Mapas da Média Móvel Local da variável taxa de prevalência de diabetes *mellitus* referente ao período de 2002 a 2012.

Ainda sobre a média móvel local, ao visualizar a distribuição espacial das taxas de prevalência de diabetes no ano de 2004, observa-se uma região no norte do estado com dados perdidos e ao aplicar a técnica da média móvel local, percebe-se que houve um alisamento na distribuição espacial destes dados, o que contribui para validação de tal técnica.

#### 5.2.4 Autocorrelação espacial - Índice de Moran global

Obter um indicador da autocorrelação espacial global, torna-se necessário em ADA, que pode ser desenvolvido por meio do Índice de Moran Global, sendo que para a taxa de prevalência de diabetes, foi calculado para todos os anos estudados, conforme Tabela 11.

**Tabela 11: Índice de Moran Global das taxas de prevalência de diabetes *mellitus* dos indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.**

Anos avaliados	<i>I</i>	p - valor
2002	0,2054	0,01
2003	0,2307	0,01
2004	0,2815	0,01
2005	0,2940	0,01
2006	0,3204	0,01
2007	0,3332	0,01
2008	0,3199	0,01
2009	0,2496	0,01
2010	0,1196	0,01
2011	0,3415	0,01
2012	0,3453	0,01

Analisando os valores, desconfia-se que os mesmos são baixos para concluir se houve, ou não, autocorrelação espacial positiva, entretanto foi realizado o teste de permutação aleatória do nível de significância de *I*, sob a hipótese nula de ausência de autocorrelação espacial entre os municípios de Minas Gerais. Assim, com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que a hipótese nula de ausência de autocorrelação espacial entre os municípios, em relação à taxa de prevalência de diabetes, foi rejeitada ao nível de 1% de significância.

Como os valores de *I* foram positivos para todos os anos estudados e os testes foram significativos, pode-se afirmar que existe um padrão de dependência espacial da

distribuição de diabetes em Minas Gerais, apresentando autocorrelação espacial positiva entre os municípios, ou seja, a taxa de diabetes de um município tende a ser mais semelhante ao município vizinho, do que ao município mais distante, situação observada em todo o período do estudo.

Corroborando com estes resultados, cita-se a análise de distribuição espacial de diabetes, realizada no ACES Espinho Gaia em que também apresentou autocorrelação espacial positiva (SILVA, 2012).

Resultados diferentes foram apresentados em uma análise da distribuição espacial de idosos segundo características de prevalência de diabetes, entre 2001 e 2002, nas cidades de Botucatu, Campinas e zona oeste da cidade de São Paulo, em que ao avaliar a autocorrelação, verificou-se que não houve dependência espacial global para diabetes (CAMPOS et al., 2009).

O resultado de dependência espacial pode ser destacado em função das atividades econômicas que contribuem com a divisão das áreas em atividades alta e baixas, o que repercuti em bens e serviços trocados entre pequenas e grandes regiões (BAILEY e GATRELL, 1995).

### **5.2.5 Índice local de associação espacial – LISA**

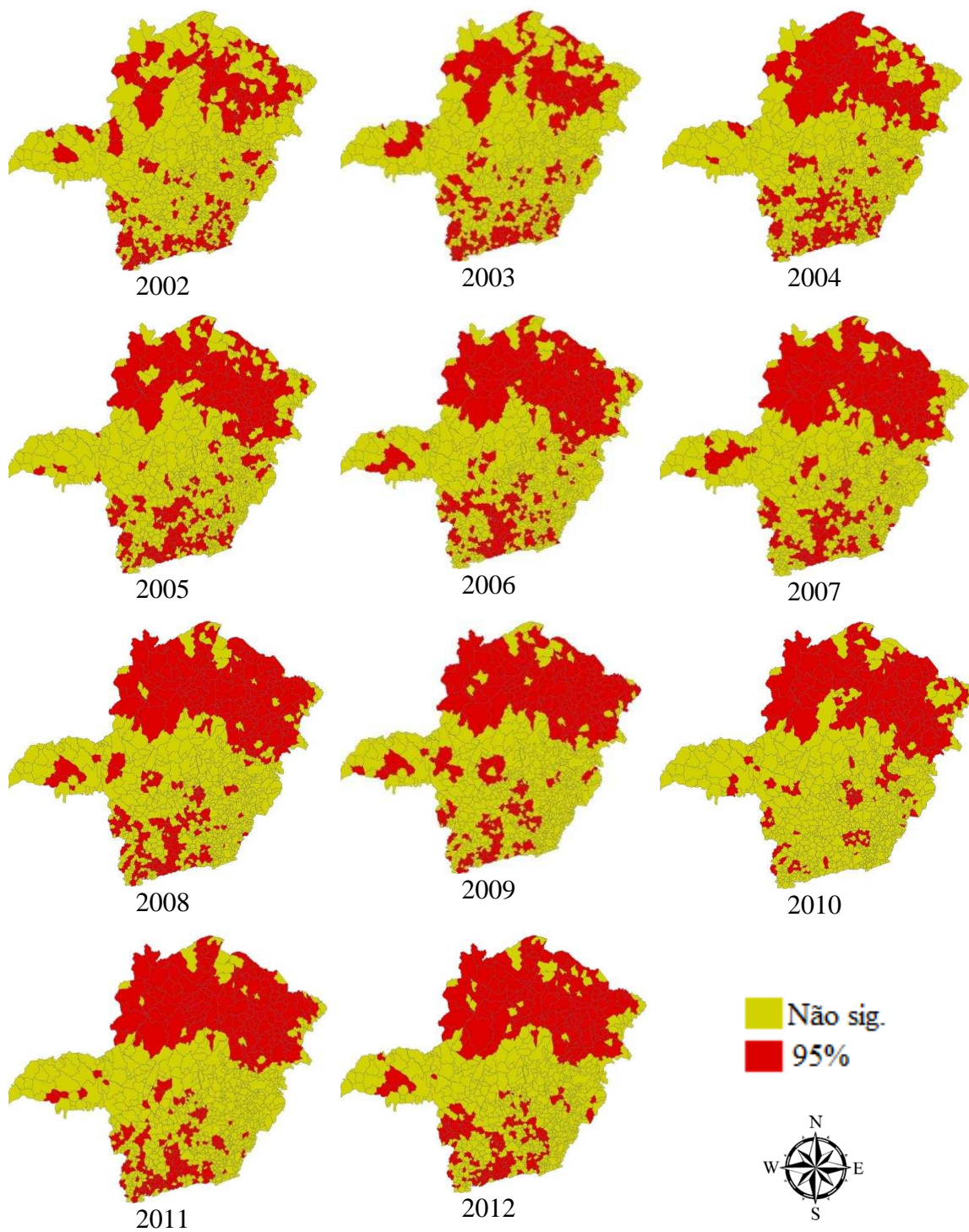
Em seguida, com o objetivo de avaliar padrões espaciais numa escala de maiores detalhes, foram utilizados os índices de associação espacial às diferentes localizações, permitindo identificar aglomerados.

Desta forma, por meio do *LISASig* e *BoxMap* para as taxas de prevalência de diabetes, foi realizado a análise de autocorrelação espacial local, referente aos anos estudados e em relação aos municípios de Minas Gerais.

Por meio da análise *LISASig*, verifica-se que regiões de p-valor maior que 0,05, não apresentam autocorrelação espacial significativa e as demais regiões apresentam significância, indicando a existência de autocorrelação espacial local (Figura 12).

Observa-se que o número de municípios, ao longo do período avaliado, com LISA significativo aumentou, sobretudo na região norte do estado, apresentando significância em todos os anos, ou seja, há influência dos municípios localizados nesta região.

Cabe ressaltar também que predomina a não significância numa região central, sentido Leste-Oeste, mantendo-se presente em cada ano avaliado, ou seja, esta região não apresenta autocorrelação espacial significativa.



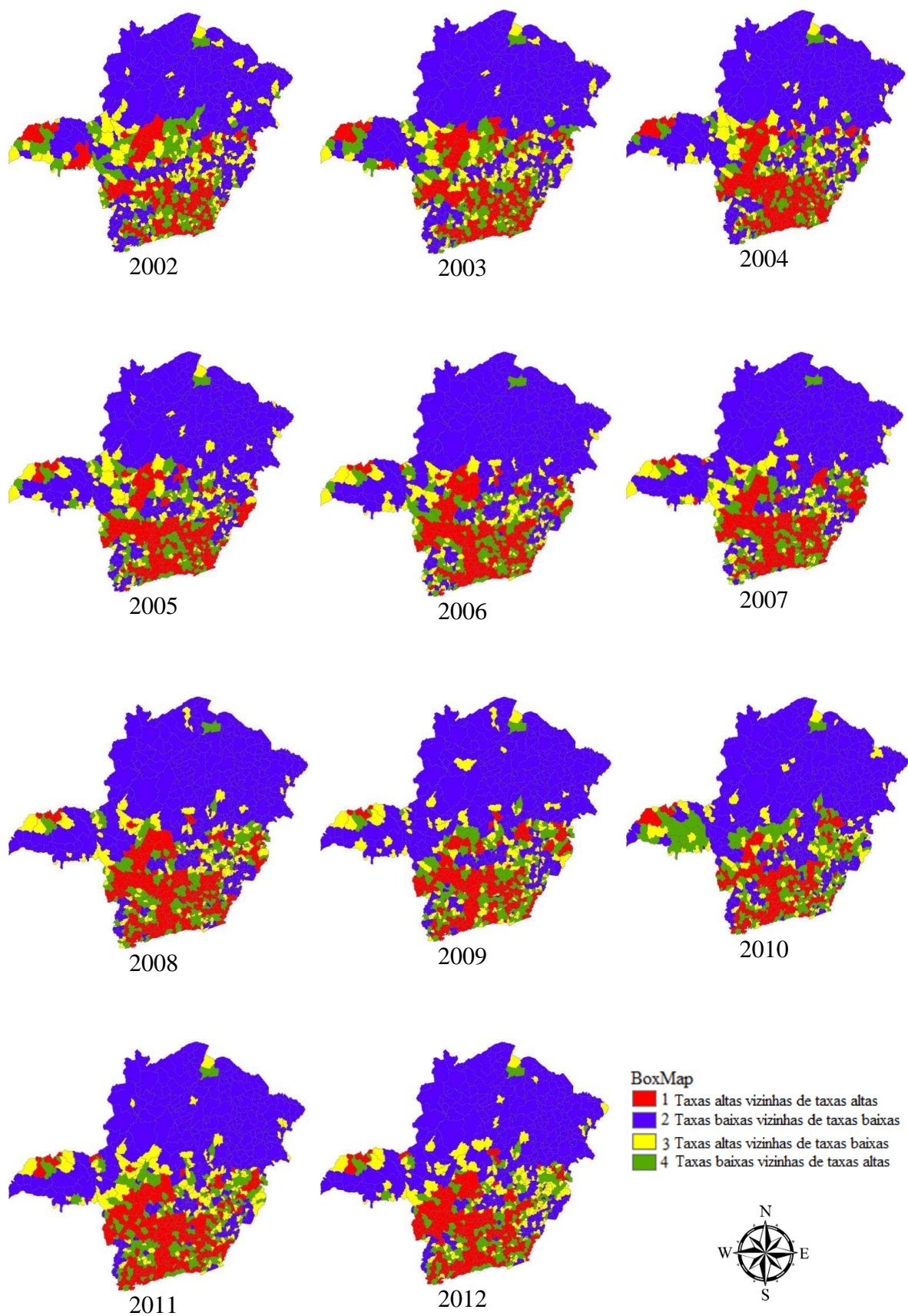
**Figura 12:** Mapas dos *clusters* do Índice de Moran Local – *LISASig*, Minas Gerais, prevalência de diabetes *mellitus* referente ao período de 2002 a 2012.

Foi possível identificar, com base na análise *LISASig* que ao longo dos anos estudados houve um aumento do número dos municípios com *LISA* significativo e ao comparar com a taxa média de diabetes, identificou-se que, com o avançar dos anos aumentou o número de municípios com taxas médias de prevalência de diabetes muito altas e altas e conseqüentemente redução do número de municípios com taxas médias de prevalência de diabetes baixas e muito baixas, conforme apresentado na Tabela 12, porém cabe afirmar que durante a pesquisa foram encontradas dificuldades em conseguir banco de dados com informações de número de casos de todos os municípios de Minas Gerais, principalmente dos anos 2009 e 2010, apresentando apenas 30 e 45 municípios com taxa média de diabetes muito alta e alta, respectivamente.

**Tabela 12: Total de municípios com *LISA* significativo e total de municípios com taxas médias de diabetes *mellitus* muito alta e alta dos indivíduos maiores de 15 anos de idade do estado de Minas Gerais, período de 2002 a 2012.**

	<b>Total de municípios <i>LISA</i> Significativo</b>	<b>Nº municípios com taxa média de diabetes muito alta e alta</b>
2002	199	64
2003	216	147
2004	239	139
2005	255	195
2006	280	191
2007	281	184
2008	283	232
2009	259	30
2010	219	45
2011	274	322
2012	278	330

Ainda com a finalidade de visualizar a autocorrelação existente entre os municípios de Minas Gerais, foram construídos os mapas de *Box Map* para as taxas de prevalência de diabetes para cada ano avaliado (Figura 13).



**Figura 13:** Mapas dos *clusters* do Índice de Moran Local – *Box Map*, Minas Gerais, prevalência de diabetes *mellitus* referente ao período de 2002 a 2012.

Ao avaliar a Figura 13, é possível identificar os agrupamentos dos municípios para os Índices de Moran Locais – *Box Map*, em que os municípios com classificação 1 (vermelho) apresentam taxas de prevalência altas sendo vizinhos de municípios com taxas altas, já os municípios com classificação 2 (azul) apresentam taxas baixas sendo vizinhos de municípios com taxas baixas, aqueles que possuem a classificação 3 (amarelo) e 4 (verde) apresentam taxas altas ou baixas e os municípios vizinhos apresentam taxas diferentes, baixas ou altas respectivamente.

Assim, é possível comparar o valor das taxas de prevalência de cada município com seus vizinhos, indicando autocorrelação espacial local, ou seja, o grau de similaridade entre os municípios vizinhos. Desta forma, verifica-se (Figura 13) que a maior parte dos municípios de Minas Gerais está localizada nos quadrantes alto – alto (vermelho - 29,6%) e baixo – baixo (azul - 39,6%), em todos os períodos. Estes resultados estão de acordo com o *I* de Moran global calculado, pois mostra que a maioria dos municípios encontra-se nos quadrantes que representam a existência de autocorrelação espacial positiva.

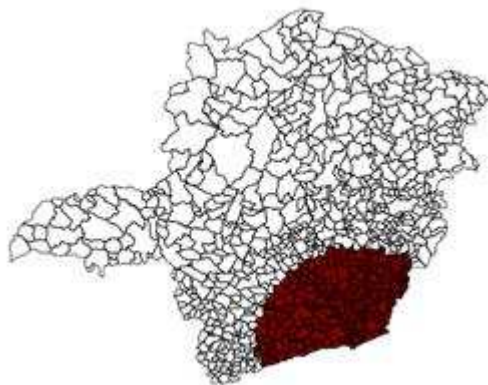
Pode-se afirmar também, que os municípios localizados na região sul do mapa, estão localizados nos quadrantes alto – alto e aqueles das regiões norte estão localizados nos quadrantes baixo – baixo, comprovando a existência de autocorrelação espacial positiva, ou seja, percebe-se que pelo *Box Map*, existe similaridade entre os municípios com taxas altas de prevalência de diabetes, localizados no sul de Minas Gerais e similaridade entre os municípios com taxas baixas de prevalência de diabetes, localizados no norte de Minas Gerais.

Almeida (2011) e Oliveira et al. (2012) corroboram a estes resultados, aplicando técnicas de análise espacial, identificaram aglomerados de taxas altas de diabetes na parte sudoeste de Minas Gerais.

A identificação e ou conhecimento das regiões com taxas de prevalência de diabetes altas é de grande importância para melhorar o planejamento da assistência prestada pela equipe de saúde, assim também como conhecer as regiões com taxas baixas para efetivar o trabalho de controle, monitoramento da doença.

### 5.2.6 Detecção de *Clusters*

A caracterização da área crítica de prevalência de diabetes pode ser verificada conforme *cluster* mais verossímil encontrado (Figura 14).



**Figura 14:** Mapa do *cluster* primário mais verossímil da Estatística Scan espaço-temporal, Minas Gerais, taxa de prevalência de diabetes *mellitus* referente ao período de 2002 a 2012.

Observa-se que foi localizado um *cluster* significativo, que localiza-se no sul do estado e apresenta as taxas mais altas de prevalência de diabetes *mellitus* em relação ao período de 2002 a 2012 e ao comparar estes resultados com aqueles apontados pelo Índice de Moran local, constata-se que o desempenho foi similar, pois em ambas as técnicas, a área de risco de prevalência de diabetes foi identificada no sul do estado.

Almeida (2011) e Oliveira et al. (2012) também aplicaram técnicas de identificação de *cluster* para a prevalência de diabetes, porém utilizaram a estatística Scan circular, e identificaram na região sul do estado o *cluster* mais verossímil.

Cabe ressaltar que a identificação de aglomerados de eventos em saúde torna-se necessário, principalmente para o planejamento de ações de intervenção, prevenção ou monitoramento das diferentes situações, como a utilização das técnicas Scan circular ou Scan espaço-temporal, que também foi utilizada por Ferreira (2012), identificando *cluster* significativo para os casos de dengue (2007-2010) no município de Lavras – Minas Gerais, assim também como Lewkowicz (2013), que realizou a análise de *clusters* da sazonalidade de surtos de dengue nos municípios brasileiros (2007-2011), permitindo validar o uso desta técnica na área da saúde.

Diante desta perspectiva, pode-se apontar a importância das análises espaciais para as ações de saúde pública, pois uma das principais utilidades é a de detectar onde e quando ocorre um determinado fenômeno de saúde.

## 6 CONCLUSÕES

Conclui-se que a distribuição espacial da taxa de prevalência de hipertensão arterial e de diabetes *mellitus* do estado de Minas Gerais, para os anos de 2002 a 2012, não ocorreu de forma aleatória. Em que, quanto ao padrão espacial, a média móvel local permitiu apresentar uma descrição espacial e identificação de agrupamentos, indicando áreas com maiores taxas, tanto para hipertensão como diabetes, principalmente no sul do estado, para cada ano avaliado.

Em termos de dependência espacial, constatou-se autocorrelação espacial positiva e significativa em termos globais, pelo índice de Moran global e teste de permutação aleatória, indicando similaridade entre os municípios para as variáveis taxa de hipertensão e diabetes em cada ano estudado.

Verificou-se também autocorrelação espacial em termos locais, pelo índice de Moran local e *Box Map*, apontando similaridade entre os municípios para as variáveis taxa de prevalência de hipertensão e de diabetes em cada ano, sendo que para ambas as variáveis, as maiores taxas se aglomeraram no sul do estado e as menores taxas no norte do estado. Identificou-se também, que os municípios com altas taxas são vizinhos daqueles que possuem altas taxas e que os municípios com taxas baixas são vizinhos daqueles que possuem taxas baixas, comportamento identificado tanto para hipertensão como para diabetes.

Observou-se também que a área de risco ou crítica de prevalência de hipertensão e diabetes, foi detectada por meio do *cluster* primário e encontrada no sul do estado, por meio da estatística Scan espaço-temporal.

Estudos posteriores poderão ser aplicados para ambas as variáveis, associando às características ou fatores de risco para as referidas doenças, por meio de modelos com efeitos espaciais globais e locais, bem como outros métodos de avaliação espacial, podendo ainda avaliar o comportamento pontual.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. P.; **Aplicação da função intensidade no delineamento de clusters de doenças no estado de Minas Gerais.** 59 p. Dissertação Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Exatas, Belo Horizonte, 2011.

ALVES JUNIOR, A. C. **Consolidando a rede de atenção às condições crônicas: experiência da rede hiperdia de Minas Gerais.** Brasília: Organização Pan-Americana de Saúde, 2011. p. 21.

ANDRADE, T. L. **Caracterização da associação entre diabetes mellitus e hipertensão arterial na atenção primária:** estudo quantitativo no município de Jeceba-MG. 47 p. Curso de especialização em Atenção Básica em Saúde da Família – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de estatística e geoestatística.** São Leopoldo, RS: UNISINOS, 2004. 168 p.

ANSELIN, L. U. C. **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.

ARAÚJO, T. C. **Extensão da estatística Scan para detecção de conglomerados espaço-temporais em dados com excesso de zeros.** 89 p. Dissertação (Mestrado em Estatística) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

ASSUNÇÃO, R. M. **Estatística espacial com aplicações em epidemiologia, economia, sociologia.** São Carlos, SP: Associação Brasileira de Estatística, 2001. 131p.

BAILEY, T. C.; GATRELL, A. C. **Interactive spatial data analysis.** Essex, England: Longman Scientific, 1995. 413 p.

BIVAND, R. S.; PEBESMA, E. J.; GÓMEZ-RUBIO, V. **Applied spatial data analysis with R.** Springer, NY, 2008. 378 p.

BRASIL, Ministério da Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Prevenção Clínica de Doença Cardiovascular, Cerebrovascular e Renal Crônica. Cadernos de Atenção Básica.** n. 14. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Básica. **Hipertensão Arterial Sistêmica /Ministério da Saúde.** Secretaria de Atenção á Saúde/Departamento de Atenção Básica-Brasília. Ministério da Saúde, 2006. 192 p. il.- (Série a Normas e Manuais Técnicos – Cadernos de Atenção Básica. n. 15).

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Plano de reorganização da atenção à hipertensão arterial e ao diabetes mellitus:** hipertensão arterial e diabetes *mellitus* / Departamento de Ações Programáticas Estratégicas – Brasília: Ministério da Saúde, 2001.

BRASIL; Ministério da Saúde; Secretaria de Vigilância em Saúde; Fundação Oswaldo Cruz. **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública**. Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz; Simone M. Santos, Wayner V. Souza, organizadores – Brasília, Ministério da Saúde, 2007. 120p (Série B Textos Básicos de Saúde) (Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde; 3).

CAMPOS, F. G. de; BARROZO, L. V.; RUIZ, T.; CESAR, C. L. G.; BARROS, M. B. A.; CARANDINA, L.; GOUDBAUM, M. Distribuição espacial dos idosos de um município de médio porte do interior paulista segundo características sócio-demográficas e de morbidade, **Cad. Saúde Pública**, v. 25, n.1, p.77-86. Rio de Janeiro, 2009.

CARMIM, L. L.; FERRAUDO, A. S.; PACHECO, S. T. A.; REIS, R. B.; SILVA, M. M. N.; CARNEIRO, D. D. M. T.; BAVIA, M. E.; Análises espaciais na identificação das áreas de risco para a esquistossomose mansônica no município de Lauro de Freitas, Bahia, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, v. 27, n.5, p.899-908. Rio de Janeiro, 2011.

CAUMO, R. B.; **Estatística Espacial em dados de área: uma modelagem inteiramente bayesiana para o mapeamento de doenças aplicada à dados relacionados com a natalidade em mulheres jovens de Porto Alegre**. 2006. 87 p. Dissertação (Monografia em Estatística) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

COULSTON, J. W.; RITTERS, K. H. **Geographic analysis of forest health indicators using spatial scan statistics**. *Environmental Management*, v. 31, n. 6, p. 764–773, 2003.

DATASUS. **Sistema de Informação de Atenção Básica Situação de Saúde Minas Gerais** Disponível em <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?siab/cnv/SIABSmg.def>> Acessado em: 04 abr. 2013.

DATASUS. **TabWin** versão 3.6 Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=040805>>. Acessado em outubro de 2012.

DIAS, J. C. R.; CAMPOS, J. A. D. B. Diabetes *mellitus*: razão de prevalências nas diferentes regiões geográficas no Brasil, 2002 – 2007. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17 n.1 p. 239-244, 2012.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Planautina, DF, EMBRAPA Cerrados, 2004. 209 p.

FERREIRA, L. M; **Mapeamento dos casos de dengue na cidade de Lavras – MG, no período de 2007 – 2010**. 83p. Dissertação; Universidade Federal de Lavras; Departamento de Engenharia de Sistemas, Lavras, 2012.

HINO, P.; SANTOS, C. B.; VILLA, T. C. S. Spatial and temporal patterns of tuberculosis in the city of Ribeirão Preto, Brazil from 1998 to 2002. **J. bras. Pneumol.**, São Paulo, v. 31, n. 6, Dec. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico 2010**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=mg>>. Acessado em 20 de fevereiro de 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Base cartográfica digital**. Disponível em <<http://www.mapas.ibge.gov.br>>. Acessado em 20 de fevereiro de 2013.

KEARNEY, P.M.; WHELTON, M.; REYNOLDS, K.; MUNTNER, P.; WHELTON, P.K.; **He J. Global burden of hypertension: analysis of worldwide data**. *Lancet*; v. 365, p: 217-23, 2005.

KNOX, E. G.; BARTLETT, M. S. The detection of space-time interactions. **Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)**, v. 13, n. 1, p.25–30, 1964.

KREMPI, A. P. **Explorando recursos de estatística espacial para análise da acessibilidade na cidade de Bauru**. 2004. 82p. Dissertação (Mestrado em engenharia civil - Área: Transportes) - Universidade de São Paulo - USP, SP.

KULLDORFF, M. Information Management Services, Inc: **SatScan v 9.2**, 2013: Software for the spatial and space-time scan statistics. Disponível em: <<http://www.satscan.org>> Acessado em: 2013.

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

KULLDORFF, M. Prospective time periodic geographical disease surveillance using a scan statistic. **Journal of the Royal Statistical Society: Series A**, 164 (Part1) p.61–72, 2001.

KULLDORFF, M., ATHAS, W. F., FEURER, E. J., MILLER, B. A., e KEY, C. R. Evaluating cluster alarms: a space-time scan statistic and brain cancer in los alamos, new mexico. **American Journal of Public Health**, v. 88, n.9:1377, 1998.

KULLDORFF, M.; NAGARWALLA, N. Spatial disease cluster: detection and inference. **Statistics in Medicine**. v. 14, p. 799-810, 1995.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998. 226 p.

LEWKOWICZ, R. **Detecção de cluster**: uma análise de sazonalidade de surtos de dengue nos municípios do Brasil de 2007 a 2011. Monografia. Universidade de Brasília. Departamento de Estatística, Brasília, 2013. 58 p.

MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer research**, v. 27(2 Part 1) p.209–220, 1967.

MAZARO, I. A. R.; ZANOLLI, M. L. de; ANTONIO, M. A. R. G. M.; MORCILLO, A. M.; ZAMBON, M. P. Obesidade e fatores de risco cardiovascular em estudantes de Sorocaba, SP. **Ver Assoc Med Bras** v. 57 n.6 p. 674-680: 2011.

MENDES, E. V. **O cuidado das condições crônicas na atenção primária à saúde: o imperativo da consolidação da estratégia da saúde da família.** Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2012. 512 p.: il. Unidade Técnica de Gestão do Conhecimento e Comunicação da OPAS/OMS – Representação do Brasil.

MILAGRES, R. Hipertensão arterial e diabetes mellitus. **Enciclopédia de saúde: Diabetes mellitus.** Rio de Janeiro: Médsi, 2001, v. 1, n.3, p. 445 – 462.

MIRANZI, S. S. C.; FERREIRA, F. S.; IWAMOTO, H. H.; PEREIRA, G. A.; MIRANZI, M. A. S. Qualidade de vida de indivíduos com diabetes *mellitus* e hipertensão acompanhado por uma equipe de saúde da família. **Texto e contexto-enfermagem**, Florianópolis, v. 17, n. 4, out./dez. 2008.

MORAN, P.A.P., The interpretation of statistical maps. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series B, 10: 245-251, 1948.

MOURA, F. R. **Deteção de Clusters Espaciais via Algoritmo Scan Multi-Objetivo** 51p. Dissertação (Mestrado em Estatística). Departamento de Estatística da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG, 2006.

MULLER, E. V.; ARANHA, S. R. R.; ROZA, W. S. S. da; GIMENO, S. G. A. Distribuição espacial da mortalidade por doenças cardiovasculares no Estado do Paraná, Brasil: 1989-1991 e 2006-2008. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.28 n.6 p.1067-1077, jun, 2012.

NEVES, M. C.; RAMOS, F. R.; CAMARGO, E. C. G.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.. **Análise Exploratória Espacial de dados Socioeconômicos de São Paulo**, Campinas (SP): Embrapa Meio Ambiente e Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE; 2001.

OLINDA, R. A.; SCALON, J. D. Métodos de Monte Carlo para análises de processos pontuais marcados. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 39-56, 2010.

OLIVEIRA, F. L. P.; DUCZMAL, L. H.; CANÇADO, A. L.; e TAVARES, R., Nonparametric intensity bounds for the delineation of spatial clusters. **International Journal of Health Geographics**, v. 10, n.1:1, 2011.

OLIVEIRA, F. L. P.; CANÇADO, A. L. F.; DUCZMAL, L. H.; DUARTE, A. R. 2012. Assessing the Outline Uncertainty of Spatial Disease Clusters, *Public Health - Methodology, Environmental and Systems Issues*, Prof. Jay Maddock (Ed.), ISBN: 978-953-51-0641-8, In Tech, DOI: 10.5772/36209. Available from: <<http://www.intechopen.com/books/public-health-methodology-environmental-and-systems-issues/assessing-the-outline-uncertainty-of-spatial-disease-clusters>>

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. **Carmen – An Initiative for Integrated Prevention of Noncommunicable Diseases in the Américas.** Washington, DC: PAHO; 2003.

PAULA, E. A.; PAULA, R. B.; COSTA, D.M.N.; COLUGNATI, F.A.B.; PAIVA E.P. Avaliação do risco cardiovascular em hipertensos. **Rev. Latino-Am. Enfermagem**. v. 21, n. 3, maio-jun. 2013.

PERISSÉ G, MEDRONHO RA, ESCOSTEGUY CC. Espaço urbano e mortalidade por doença isquêmica do coração em idosos no Rio de Janeiro. **Arq Bras Cardiol** [online]; v. 94, n.4, p. 463-471, 2010.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2012. Disponível em: <http://www.R-project.org>.

REDE INTERAGENCIAL DE INFORMAÇÃO PARA A SAÚDE – RIPSA. **Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações / Rede Interagencial de Informação para a Saúde – Ripsa – 2 ed.** – Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2008. 349 p.

SANCHEZ, C. G.; PIERIN, A. N. G.; JÚNIOR, D. M. Comparação dos perfis dos pacientes hipertensos em Pronto-Socorro e em tratamento ambulatorial. São Paulo: **Revista da Escola de Enfermagem**, v. 38, n. 1, 2004.

SANTOS, E.R.D.; BACKES, M.T.S. Hipertensão arterial sistêmica: avaliando usuários de um grupo de educação de uma unidade básica de saúde. **Revista Nursing**, v.12, n. 134, p. 326-332, 2009.

SANTOS, Z. M. S.; LIMA, H. P. Tecnologia educativa em saúde na prevenção da hipertensão arterial em trabalhadores: análise das mudanças no estilo de vida. **Texto e contexto-enfermagem**, Florianópolis, v.17, n. 1, jan./mar. 2008.

SCHMIDT, M. I.; DUNCAN, B. B.; HOFFMANN, J. F.; MOURA, L.; MALTA, D. C.; CARVALHO, R. M. S. V. Prevalência de diabetes e hipertensão no Brasil baseada no inquérito de morbidade auto-referida, Brasil, 2006. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 43, supl. 2, Nov. 2009.

SERRANO, R. M.; VALCARCE, E. V.; **Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometria espacial**. Barcelona, Edicions Universita de Barcelona, 2000.

SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DE MINAS GERAIS. **Análise de situação de saúde Minas Gerais 2010**, Belo Horizonte, 2010.

SILVA, M. I. P. **Contributo dos SIG na análise da distribuição da obesidade, diabetes e hipertensão**. 2012. 110 p. Dissertação da Universidade do Porto, Espinho/Gaia.

SILVA, N. C. N.; OLIVEIRA, M. S.; SANTOS, G. R.; BRAGA, A. S.; Análise de dados de área aplicada a dois indicadores econômicos de mesorregiões do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 29, n.3, p. 369-395, 2011.

SOARES, P. A.; NASCIMENTO, L. F. C. Análise Espacial das Internações por Doenças do Coração no Vale do Paraíba. **Arq Bras Cardiol** [online]; v. 88, n.6, p.624-628, 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA / SOCIEDADE BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO / SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. **Arq Bras Cardiol**, v. 95, n. 1, supl1, p. 1-51, 2010.

SOUSA, A. K. A., **Modelo de decisão sobre os municípios prioritários para o controle da AIDS no estado da Paraíba usando lógica Fuzzy**. 2012. 174 p. Dissertação Universidade Federal de Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da natureza, João Pessoa, 2012.

SPASOFF, R. **Doença crônica: a epidemia real**. Washington, Pan-American Health Organization, PAHO/OMS Guest for Speaker Lecture on Chronic Disease Epidemiology, 2011.

TERRAVIEW 4.1.0. São José dos Campos, SP: **INPE** (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), 2010. Disponível em: <[www.dpi.inpe.br/terraview](http://www.dpi.inpe.br/terraview)>. Acessado em 20 de fevereiro de 2013.

TOSCANO, C. M. As campanhas nacionais para detecção das doenças crônicas não transmissíveis: diabetes e hipertensão arterial. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 9, n. 4, p. 885-895, 2004.

VELLOSO, M.; LORENZO, V. A. P. D. **Fisioterapia aplicada aos idosos portadores de disfunções cardiovasculares** In: REBELATTO, J. R.; MORELLI, J. G. S. Fisioterapia Geriátrica: A Prática da Assistência ao Idoso, 2ª edição. São Paulo. Manole, 2007. Cap. 10, p. 374.

YACH, D.; STUCKLER, D.; BROWNELL, K.D. Epidemiologic and economic consequences of the global epidemics of obesity and diabetes. **Nature Medicine**, Londres, n. 12, p. 62-66, 2006.

WHITTEMORE, A. S.; FRIEND, N.; BROWN, B. W.; HOLLY, E. A. A test to detect clusters of disease. **Biome trika**, v.74, n.3, p.631-635, 1987.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO Diabetes Programme**. Disponível em: <[http://www.who.int/diabetes/action\\_online/basics/en/](http://www.who.int/diabetes/action_online/basics/en/)> Acessado em: 10 de janeiro de 2013.